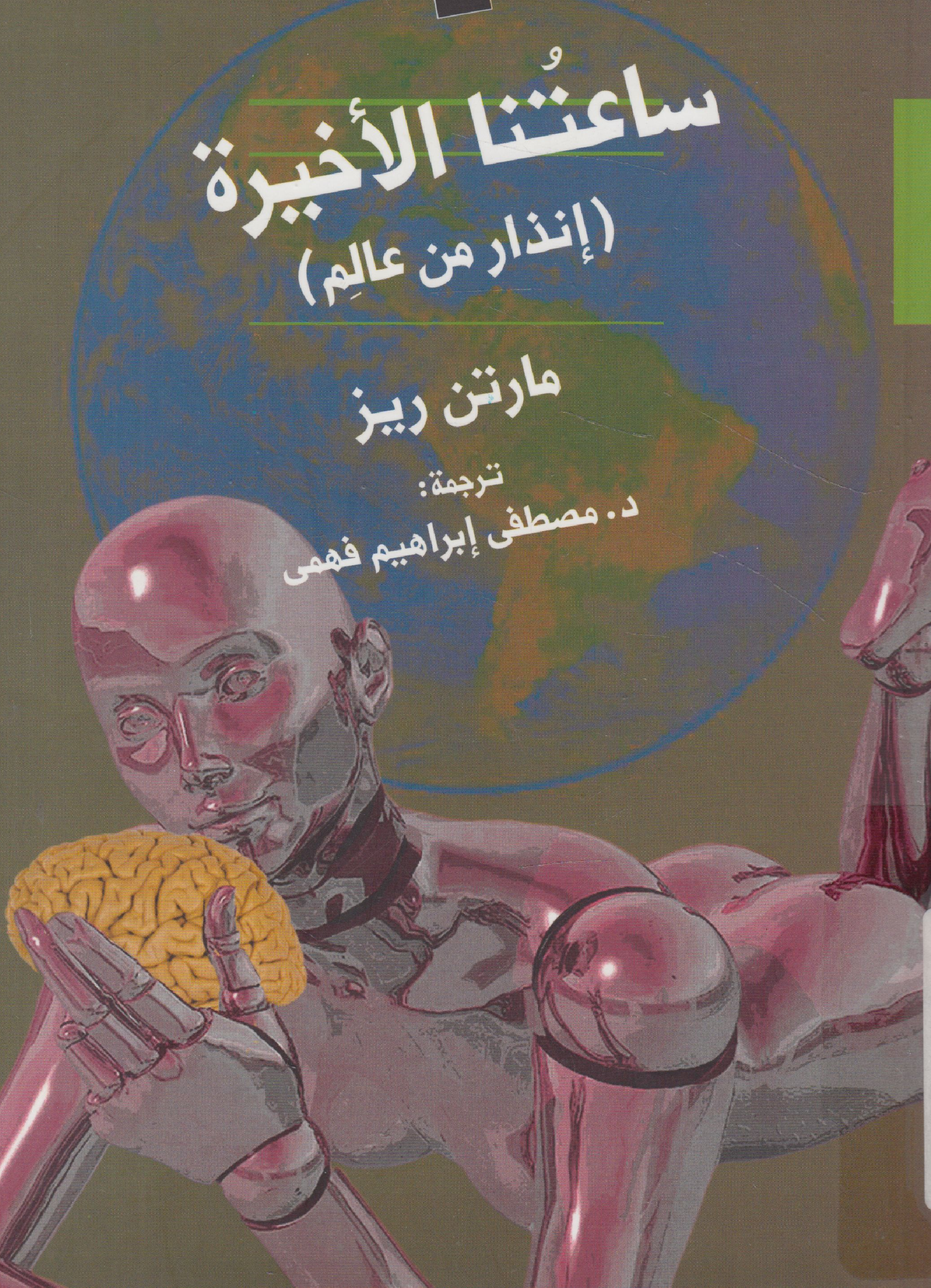
دار العين للنشر

ساعتُنا الأخيرة

(إنذار من عالِم)

مارتن ريز

ترجمة:
د. مصطفى إبراهيم فهمى



ساعتُنا الأخيرة

(إنذار من عالِم)

ساعتنا الأخيرة

(إنذار من عالِم)

Our Final Hour:
A Scientist's Warning

تأليف: مارتن ريز
Martin Rees

ترجمة: د. مصطفى إبراهيم فهمى

الطبعة الأولى، ٢٠٠٦

حقوق الطبع محفوظة

دار العين للنشر
٩٧ كورنيش النيل، روض الفرج، القاهرة
تليفون: ٤٥٨٠٣٦٠ ، فاكس: ٤٥٨٠٩٥٥
E.mail: elainco2002@yahoo.com

الهيئة الاستشارية للدار:
أ.د. أحمد شوقى
أ.د. أحمد مستجير
أ.د. جلال أمين
شوقى جلال
أ.د. مصطفى ابراهيم فهمى

المدير العام:
د. فاطمة البودى

الغلاف: أحمد اللبـاد

رقم الإيداع بدار الكتب المصرية: ٢٠٠٦/١٥٢٧٣

ساعتُنا الأخيرة

(إنذار من عالِم)

مارتن ريز

ترجمة: د. مصطفى إبراهيم فهمى

دار العين للنشر

المحتويات

الموضوع	الصفحة
مقدمة المترجم	٧
تمهيد	٩
١- مقدمة	١١
٢- صدمة تكنولوجيا	٢١
٣- ساعة يوم الحساب - هل نحن محظوظون لأننا بقينا أحياء لهذا الزمن الطويل	٤١
٤- تهديدات ما بعد ٢٠٠٠ : الإرهاب والخطأ	٥٩
٥- الجناة والمسكنات	٨٥
٦- كبح مسار العلم	٩٧
٧- خط الأساس للمخاطر الطبيعية : الاصطدام بالكويكبات	١١٧
٨- تهديدات البشر لكوكب الأرض	١٢٩
٩- مخاطر قصوى : رهان باسكال	١٤٧
١٠- فلاسفة يوم الحساب	١٦٩
١١- أهي نهاية العلم ؟	١٧٧
١٢- هل لمصيرنا أهمية كونية ؟	١٩٥
١٣- ما بعد كوكب الأرض	٢١١
١٤- الخاتمة	٢٢٩
١٥- الهوامش	٢٣٣
١٦- المعجم	٢٥٥

مقـدمة المترجـم

لايزال العلم الحديث يواصل تقدمه بمعدل سريع ينعش آمال الكثيرين فـي مستقبل بشرى أحسن وأكثر رفاها بفضل تطبيقات التكنولوجيا الحديثة . يستكشف سير مارتن ريز مؤلف هذا الكتاب السيناريوهات الممكنة التى يتيحها تقدم العلـم والتكنولوجيا مع ما يصحب ذلك من مزايا ومخاطر . مـن المؤكـد أن العلـم لايقترب من نهايته كما يزعم البعض ، حتى لو تمكن علماء الفيزياء من التوصل إلى نظرية موحدة تفسر كل الكون ، وهو حلم قديم لم يتحقق بعد ، ولو تحقـق فسيظل لدينا الكثير لنبحثه مستقبلا بشأن الطبيعة الأساسية لواقع الكون ومصيره، وبنى الحياة المعقدة ، وتكوين وعمل المخ.... الخ .

ستؤدى أبحاث العلوم الجديدة فى القرن الجديد إلى اكتشافات جديدة مثيـرة خاصة فيما يتعلق بالبيولوجيا والتكنولوجيا الحيوية ، كما فى الهندسة الوراثيـة والاستنساخ ، وكذلك ما يتعلق بالمعلوماتية والنانوتكنولوجيا ، وانتاج كمبيوترات فائقة الذكاء تتفوق على البشر ، وروبوتات منمنمة تدخل فى الأجساد البشـرية وتملأ الفضاء كله وربما تتكاثر ذاتيا فى النهاية . وكما تؤدى هـذه الاكتشـافات الجديدة إلى مزايا وفوائد جديدة فإنها محملة بمشاكل ومخاطر جديدة اجتماعيـة وأخلاقية بل وأحيانا ضد استمرار الحياة نفسها . ينبغى أن ينتبه الانسان من الآن إلى أن يوازن بين ما يوجـد مـن فوائـد ومزايـا للوراثيـات والروبوتيـات والنانوتكنولوجيا وبين مخاطرها التى تهدد وجوده هو نفسه . ومن الواضـح أن علوم وتكنولوجيا القرن الحادى والعشرين قد تؤدى إلى مخاطر جديدة أشد وأكثر صعوبة من التهديد الذى خبرناه من الدمار النووى فى القرن العشرين ، والـذى كانت نجاتنا منه نتيجة حسن الحظ وليس حسن التفكير . وحاليا فإن تصـرفات الإنسان نفسه فيها ضغوط على بيئة كوكب الأرض تعرضه لمخاطر أكبر كثيرا

من المخاطر الطبيعية من الزلازل والبراكين والاصطدام بالكويكبات . كمـــا أن بعض المخاطر التى يصنعها الإنسان أصبحت الآن بفضل العلم الحديث وشبكات الاتصال العالمية مما يسهل أن تحدثه جماعة محدودة من الإرهابيين أو حتى فرد واحد موتور وليس دولة بأكملها . هكـــذا أصـــبح علـــى العلمـــاء الاضـــطلاع بمسئوليتهم فى كبح جماح أى نزوع لتطبيقات علمية مدمرة ، كمـــا أن علـــيهم تثقيف الجمهور غير المتخصص ليكون له رأيه الواعى فى هـــذا الخضـــم مـــن المشاكل .

إن الكون أكثر تنوعا واتساعا من أى مما نتصوره . وحتى الآن يبـــدو أن انسان الأرض هو المخلوق العاقل الوحيد فى هذا الكون ، وبهذا فإن مصير هذا الانسان تصبح له أهمية كونيه حقيقية . استمر التطور الداروينى للحياة ما يزيـــد عن أربعة بلايين سنة حتى ظهر الانسان ، على أن الحياة غالبا قد تستمر لزمن أطول من ذلك ، لتنبثق أنواع حياة جديدة سواء كانت بشرية أو ما بعد بشـــرية ، تنطلق إلى خارج الأرض فى مجرتنا أو فى أى مكان من الكون كله . فهل يكون المصير إلى خلود يمتلئ بأشكال حياة جديدة معقدة ورهيفة ، أو يكون المصـــير إلى خواء من مادة متدنية؟ تعتمد الاجابة عن هذا السؤال على ما سنفعله جميعـــا فى قرننا هذا .

د. مصطفى إبراهيم فهمى

تمهيـــــد

يتقدم العلم بمعدل سريع لم يحدث قط من قبل ، ويتقدم على جبهة متسعة : تكنولوجيا – حيوية(*) ، وتكنولوجيا سيبرية(**) ، ونانوتكنولوجيا(***) وكلها تطرح توقعات مثيرة؛ كما يطرح ذلك أيضا استكشاف الفضاء . إلا أن هناك جانب مظلم فى ذلك : فالعلم الجديد قد تكون له نتائج غير مقصودة ؛ إنه يمنح للأفراد القدرة على ارتكاب أفعال فيها إرهاب هائل . وسنجد أن الجانب "السئ" من تكنولوجيا القرن الحادى والعشرين يمكن أن يكون أخطر وأكثر استعصاء على العلاج من التهديد بالدمار النووى الذى ظلنا نواجهه طيلة عقود من السنين. كما أن عوامل الضغط التى يحدثها البشر على البيئة فى كوكبنا قد تولد مخاطر أكبر من كل المخاطر القديمة التى لاقيناها كالزلازل ، وتفجرات البراكين ، والاصطدام بالكويكبات .

هذا الكتاب وإن كان صغيراً إلا أن له مجال متسع . ومن الممكن أن يُقرأ كل واحد من فصوله منفصلا على نحو مستقل تقريبا : وهى فصول تعالج سباق التسلح ، والتكنولوجيات الجديدة ، والأزمات البيئية ، ومدى وحدود الابتكار العلمى ، وتوقعات الحياة خارج الأرض . وقد أفدت من نقاشى مع الكثيرين من المتخصصين ؛ على أن البعض منهم سيجدون أن عرضى السريع هنا ينحو منحى مختلفا عن تقديراتهم الشخصية. إلا أن هذه اطروحات خلافية مثلما يكون الأمر فى الواقع فى كل "السيناريوهات" التى تتناول المستقبل على المدى البعيد .

(*) التكنولوجيا الحيوية : إستخدام الكائنات الحية (كالبكتريا مثلا) فى الصناعة . مثال ذلك فى تخليق الطاقة ، والتخلص من الفضلات وصنع شتى المنتجات ، من الأمثلة المشهورة لذلك إستخدام منتجات الهندسة الوراثية فى النبات والحيوان والبكتريا . (المترجم)

(**) التكنولوجيا السيبرية تكنولوجيا المعلومات والاتصالات . (المترجم)

(***) النانوتكنولوجيا انتاج وقياس أشياء لها مقاييس صغيرة صغرا دقيقا وكلمة نانو أصلا تعنى جزء واحد من ألف مليون . (المترجم)

وإذا كان هناك ما آمله هنا فهو أن أحفز النقاش حول توفير الوقاية (ما أمكن) ضد أسوأ المخاطر ، وذلك باستخدام المعرفة الجديدة الاستخدام الأمثل لفائدة البشر . هناك التزامات خاصة على العلماء والتكنولوجيين . إلا أن منظورنا هذا ينبغى أن يكون فيه ما يجعل كل فرد أشد اهتماما بعالمنا المترابط ، وذلك من أجل أن تركز السياسات العامة على تلك المجتمعات التى تشعر بالاضطهاد أو تلك التى تكون الأكثر استهدافا.

أود أن أشكر جون بروكمان لتشجيعه لى على تأليف هذا الكتاب . وأنا ممتن له وكذلك لإليزابيث ماجوير لما أبدياه من صبر معى ، كما أننى ممتن لكريستين مارّا وكل زملائها لجهودهم القديرة النشطة لطبع الكتاب .

-١-

مقــدمة

جلب لنا القرن العشرين القنبلة الذرية ، والتهديد النووى الذى لــن يفارقنــا أبدا، كما نجد أن تهديد الإرهاب لنا على المدى القصير هو بند هام فى جــدول الأعمال العام والسياسى ؛ ثم هناك تزايد دائم فى عدم المساواة فى الثروة والرفاه الاجتماعى. وهدفى الرئيسى هنا ليس ان أضيف إلى الأدبيات المنتشرة حول هذه الموضوعات المتحدية ، وانما أن أركز على مخاطر القرن الحادى والعشرين ، التى تقل درايتنا بها حاليا ، والتى يمكن أن تكون الأكثر تهديدا للبشــرية وبيئــة الكرة الأرضية .

بعض هذه التهديدات الجديدة تحوم بالفعل من فوقنا ؛ والبعض الآخر مازال موضع التخمين . من الممكن أن يباد السكان بفيروسات " مُهندسَة " مميته يحملها الهواء ؛ كما يمكن تغيير الخصائص البشرية بتكنيكات جديدة أكثر تأثيراً وإصابة للهدف من العقاقير والأدوية المستخدمة الآن ؛ بل إننا قد نجد أنفســنا ذات يــوم مهددين بماكينات نانوية شريرة تتكاثر تكاثرا كارثيا أو مهددين بكمبيوترات فائقة الذكاء .

ثمة مخاطر جديدة أخرى لايمكن استبعادها استبعادا كاملا . فهنــاك تلــك التجارب التى تسحق الذرات معا بقوة هائلة بحيث يمكن أن تبــدأ سلســلة مــن تفاعلات يتآكل بسببها كل شئ فوق الأرض ؛ بل هناك من التجارب ما يمكن أن يمزق نسيج الفضاء نفسه ، ليسبب كارثة "يوم قيامة " نهائيــة ينتشــر غبارهــا المتساقط إنتشارا بسرعة الضــوء ليبتلــع الكــون بأســره . وإذا كانــت هــذه السيناريوهات الأخيرة مما لا يرجح غالبا تحققها ، إلا أنها تثير بشكل حاد قضية من الذى ينبغى أن يصدر القرار، وكيف يصدره ، وما إذا كان لنا أن نواصــل

التجارب التى لها هدف علمى حقيقى (ويمكن تصور أنها تطرح فوائد عملية) ، حتى وإن كانت تطرح فرصة خطر صغيرة جدا فيها نتيجة كارثية تماماً .

مازلنا نعيش مثلما عاش كل أسلافنا ونحن تتهددنا الويلات التى قد تسبب تدمير العالم كله : مثل التفجيرات البركانيه الهائلة ، والاصطدام بكويكبات ضخمة . ولحسن الحظ فإن الكوارث الطبيعية بهذا المقياس الكوكبى يقل جدا تكررها ، وبالتالى فإن من المرجح أنها لن تقع أثناء زمن حياتنا ، بحيث أنها لا تشغل تفكيرنا ولا تسبب أرقاً عند معظمنا . ولكن هذه الكوارث اصبح يضاف إليها الآن مخاطر بيئية أخرى نجلبها نحن لأنفسنا ، مخاطر لايمكن إهمالها على أنها غير محتملة .

كان الخطر الرئيسى الذى يحوم من فوقنا خلال سنوات الحرب الباردة هو أن يحدث تبادل للقذائف النووية – الحرارية ، يقدح زناده تصاعد المواجهة بين القوى الكبرى . وقد أمكن فى الظاهر تحاشى هذا التهديد . إلا أن كثرة من الخبراء يعتقدون أننا كنا فحسب محظوظين – ومن بين هؤلاء من كانوا فى الواقع هم أنفسهم يتحكمون فى السياسة فى تلك السنوات ؛ كما يعتقد بعض الخبراء أن المخاطر المتضايفة لوقوع حرب نهائية فى تلك الفترة كانت تصل إلى النصف بالنصف . وقد تراجع الآن الخطر المباشر لوقوع حرب نووية شاملة . إلا أن هناك خطرا متناميا من أن تُستخدم الأسلحة النووية إن آجلا أو عاجلا فى مكان ما من العالم .

من الممكن أن نُفكك الأسلحة النووية ، ولكن ليس من الممكن ايقاف اختراعها. وهذا التهديد لا يمكن استئصاله ، ويمكن أن يتجدد بعثه فى القرن الحادى والعشرين : فليس فى إمكاننا أن نستبعد تجدد حشد القوى فى مجابهات فيها خطر يماثل مخاطر التنافس فى الحرب الباردة ، بل ومع حشد ترسانات أضخم . بل إن تهديدا قد يبدو سنة بعد أخرى على أنه تهديد متواضع ، ثم

لايلبث أن يزداد تضخما عندما يظل مستمراً لعقود من السنين . على ان هناك تهديدات أخرى ستغطى على التهديد النووى ويمكن أن تكون مدمرة مثله وتكون القدرة على السيطرة عليها أقل كثيرا . وربما لا تتأتى هذه التهديدات أساسا من الحكومات القومية ، ولا حتى من الدول "المارقة" وإنما تتأتى من أفراد أو جماعات صغيرة لها قدرة على الحصول على تكنولوجيا تزداد أبدا فى رقيها . وهناك طرائق كثيرة على نحو ينذر بالخطر قد يتمكن الأفراد عن طريقها من قدح الزناد لإحدى الكوارث .

صاغ استراتجيو العصر النووى مبدأ الردع بواسطة " تأكيد الدمار المتبادل" الذى سُكّت له مخصورة ملائمة على نحو متفرد هى MAD (*) (=مجنون) . ولتوضيح هذا المفهوم فإن شخصية د. سترينجلفز (محب الغرائب) الواقعية تتصور "ماكينة يوم قيامة " إفتراضية ، هى قوة ردع نهائية يبلغ من هولها أنه لا يمكن لأى قائد سياسى ذى عقل منطقى أن يطلق لها العنان . ولعل العلماء سيتمكنون لاحقا فى هذا القرن من اختراع ماكينة حقيقية ليوم قيامة غير نووى . لعل مما يمكننا تصوره ان يستطيع المواطنون العاديون أن يتحكموا فى القدرة التدميرية التى كانت فى القرن العشرين امتيازاً مرعبا مقصورا على حفنة من الأفراد يمسكون بزمام السلطة فى الدول صاحبة الأسلحة النووية . لو كان هناك ملايين من الأصابع المستقلة فوق زر ماكينة " يوم القيامة " ، فإن تصرف غير متعقل من فرد واحد ، أو حتى خطأ من فرد واحد ، قد يودى بنا جميعا .

قد يكون الأمر أن موقفا متطرفا هكذا ، يصل ما فيه من انعدام الاستقرار إلى درجة أنه لا يمكن ابداً التوصل إليه ، تماما مثل بناء منزل مرتفع جداً من أوراق اللعب ، فعلى الرغم من أنه ممكن نظريا ، إلا أنه لا يمكن أبداً بناؤه .

(*) المخصورة كلمة تتألف من الحروف الأولى لعدة كلمات ، وكلمة MAD هنا هى مخصورة Mutually assured destruction ، كما أن كلمة Mad بالانجليزية تعنى مجنون. (المترجم) .

وسيحدث فى زمن يسبق كثيراً توصل الأفراد لإمكانات إزاء " يوم القيامة " ، أن البعض سينالون القدرة – ربما خلال عقد واحد – على قدح زناد أحـــداث فـــى وقت لايمكن التنبؤ به ، وتكون بحجم اسوأ الاعتداءات الوحشية الإرهابية التـــى تحدث الآن . لن تكون هناك حاجة إلى شبكة منظمة من نوع شـــبكة إرهـــابيي القاعدة : وإنما مجرد فرد واحد متعصب أو غير متكيف اجتماعيا له توجه عقلى مثل اولئك الذين يصممون الآن فيروسات الكمبيوتر . هناك أفراد لهم نزعات من هذا النوع فى كل بلد – وهم ولا ريب قليلون جدا ، إلا أن التكنولوجيا الحيوية و السيبرية ستصبح بالغة القوة بحيث يمكن حتى أن يكون فرد واحد فيه أكثر ممـــا يكفى .

لعله سيحدث بحلول منتصف هذا القرن إعادة تنظـــيم القـــوى المجتمعـــات والدول على نحو مختلف اختلافا شديدا ، وقد يعيش الناس بطريقة مختلفة جدا ، ويعمرون لسن أكبر تماما ، وتكون لهم مواقف مختلفة عن مواقفهم الحالية (ربما تكون معدلة بواسطة أدوية ، أو زرع رقائق ، وما إلى ذلك). إلا أن هناك شيئاً واحداً من غير المرجح أن يتغير : وهو أن يرتكب الأفراد الأخطـــاء ، ويكـــون هناك خطر من أفعال خبيثة يرتكبها أفراد ممورورون بالاغتراب أو مجموعـــات من المنشقين . ستقدم التكنولوجيا المتقدمة أجهزة جديدة لخلق الإرهاب والدمار ؛ وستؤدى وسائل الاتصال الفورية الشاملة إلى تعظيم تأثيرها المجتمعى . وسيكون من الممكن أن تنشأ الكوارث هكذا ، بل والأكثر إزعاجا أنها قد تنشأ عن مجرد حظ عاثر تكنيكيا . ومن الممكن أن تقع حـــوادث كارثيـــة حتـــى فـــى أحســـن المؤسسات تنظيما (كأن يحدث مثلاً تخليق غير مقصود أو اطلاق غير مقصود لجرثومة مرضية ضارة سريعة الانتشار ، أو يحدث خطأ مدمر فى مبرمجة) . وكلما اصبحت التهديدات أخطر ، وزاد العدد المحتمل لمرتكبيها ، فـــإن وقـــوع الفوضى قد يصبح بالغ الانتشار بحيث يتآكل المجتمع وينكص مرتدا . ويكـــون هناك خطر على المدى الطويل حتى بالنسبة للبشرية نفسها .

من المؤكد أن العلم لا يقترب من نهايته كما يزعم البعض ؛ فهو يندفع قدما بمعدل يتزايد سرعة . نحن مازلنا محيرين بشأن الطبيعة الأساسية للواقع الفيزيقي، وتعقدات الحياة ، والمخ ، والكون . سيترتب على الاكتشافات الجديدة التي تلقى الضياء على كل هذه الأسرار ، أن تتولد تطبيقات بريئة ؛ لكنها ستفرض أيضا مشاكل أخلاقية جديدة وتجلب مخاطر جديدة . كيف سنصل إلى أن نوازن بين الفوائد المتعددة الأنواع التي نتوقعها من الوراثيات أو الروبوتيات، أو النانوتكنولوجيا وبين وجود خطر (مهما كان صغيراً) من قدح الزناد لكارثة مطلقة ؟

الكونيات هي مجال اهتمامي العلمي الخاص : أي البحث في بيئتنا بأوسع منظور يمكن تصوره . قد يبدو هذا وكأنه وجهة نظر تتعارض مع التوجه للتركيز على القضايا العملية الأرضية : وحسب كلمات جريجوري بنفورد الكاتب الروائي الذي يعمل أيضا كعالم فيزياء فلكية ، فإن دراسة "الحلقة العظمى من العوالم ... تصبغ علماء الفلك ، وربما تبتليهم ، بمنظور يبدون فيه ككائنات من نوع ذباب النوار(*) . على أنه ليس غير قلة من العلماء يكونون غير دنيويين بالدرجة الكافية لأن يتلاءموا مع توصيف بينفورد هذا : فالانشغال بالمسافات التي تقارب المالانهاية لا يجعل علماء الفلك بوجه خاص " متفلسفين " عند محاولة التغلب على مصاعب الحياة اليومية ؛ كما أنهم ليسوا أقل انشغالا بالقضايا التي تجابهنا هنا على الأرض ، الآن وغدا . وموقفي الذاتي يعبّر عنه على نحو افضل فرنك رامزي الرياضي والفيلسوف وعضو كلية " الملك " في كمبردج ، وهي الكلية نفسها التي أنتمي لها الآن، فيقول : " لست أشعر بأدنى تواضع أمام اتساع رقعة السماوات . قد تكون النجوم ضخمة ولكنها لا تستطيع أن تفكر أو تحب ، والتفكير والحب خصائص تثير اعجابي باكثر كثيرا مما يفعل

(*) ذبابة النوار أو ذبابة الربيع ذبابة تعيش لأيام معدودة بعد الوصول لفترة البلوغ . (المترجم) .

الحجم الكبير... إن صورتى عن العالم مرسومة فى منظور ، وليست مثل نموذج مرسوم بمقياس رسم . يشغل البشر مقدمة الصورة ، أما النجوم فكلها صغيرة كقطع عملة ضئيلة " .

يؤدى وجود منظور كونى إلى أن يقوّى فى الواقع من انشغالنا بما يحدث هنا الآن لأنه يقدم رؤية تبين لنا تماما كيف يمكن أن تكون احتمالات مستقبل حياتنا مذهلة. المحيط الحيوى للأرض هو نتاج ما يزيد عن ٤ بلايين سنة من الانتخاب الطبيعى الداروينى : وهذه الآماد الزمنية الهائلة للتطور فيما مضى هى الآن جزء من ثقافتنا العامة . على أن مستقبل الحياة قد يمتد لزمن أطول من ماضيها . ومن الممكن أنه خلال الدهور التى لاتزال فى المستقبل سوف ينبثق تنوع يكون حتى أكثر إذهالا سواء على الأرض أو خارجها . ومن الممكن أن نجد ان ما تكشف لنا عن الذكاء والتركب هو مجرد استشراف منا لبدايات كونية.

ثمة صورة مبكرة لا تنسى أُخذت من الفضاء تصور " شروق كوكب الأرض" كما يبدو مشهده من مركبة فضاء تدور حول القمر . وبدا فيها مكان مأوانا من الأرض والمحيطات والسحب كشئ رقيق مصقول ، يتعارض جماله وهشاشته مع المنظر الخلوى المقفر الجدب لسطح القمر الذى ترك رواد الفضاء فوقه آثار أقدامهم. نحن لم نحصل على هذه الصور البعيدة لكوكب الأرض بأسره إلا فى العقود الأربعة الأخيرة . على أن كوكبنا قد ظل فى الوجود لزمن يزيد عن مائة مليون مثل لهذه العقود الأربعة . ما هى التحولات التى انتابت الأرض خلال هذا المدى الزمنى الكونى ؟

تكثفت شمسنا من إحدى السحب الكونية منذ ما يقرب من ٤,٥ بليون سنة ؛ ثم أحاط بها وقتها قرص دوار من الغاز . وتكتل الغبار فى هذا القرص إلى حشد من صخور تدور فى فلك ، مالبثت أن التحمت لتشكل الكواكب . وأصبح أحد هذه الكواكب هو أرضنا "الصخرة الثالثة من الشمس". وأصيبت الأرض

صغيرة السن بضربات من الاصطدام بأجرام أخرى ، كان بعضها يكاد يقتـرب فى حجمه من الكواكب نفسها : وأدى اصطدام من هذا النوع إلى أن يقتلع مـن كوكب الأرض قدرا من الصخور المنصهرة كان كافيا لأن يصنع القمـر . ثـم هدأت الأحوال وبرد كوكب الأرض . لابد وأن ما تلى ذلك من تحولات متميزة بما يكفى لأن يراها المراقب عن بعد ، كانت تحولات تدريجية جـداً . تجمـع الأوكسجين فى جو كوكب الأرض عبر فترة زمنية طويلة تزيد عن بليون سنة ، وكان هذا نتيجة لأول حياة للخلايا الأحادية. وأعقب ذلك أن حدثت تغيرات بطيئة فى المحيط الحيوى ، وفى شكل الكتل الأرضية حيث انجرفت القارات . وأخـذ الغطاء الثلجى يتزايد ثم يتقلص : ولعله كانت هناك حتى فترات تجمـدت فيهـا الأرض كلها ، وبدت بيضاء بدلا من ان تبدو فى زرقة شاحبة .

لم تحدث تغيرات حادة مفاجئة على نطاق كوكب الأرض بأسـره إلا تلـك التى قدح زنادها اصطدام بكويكب ضخم ، أو تفجر بركانى فـائق الضـخامة . لابد وأن هذه الأحداث العرضية ظلـت تقـذف بكميـات حطـام هائلـة فـى الستراتوسفير(*) لسنوات عديدة، حتى استقر ثانية كل الغبار والهبـاء الجـوى . وبدت الأرض رمادية غامقة بدلا من أن تكون بيضاء مزرقة ، ولـم ينفـذ أى ضوء للشمس لأسفل إلى الأرض أو المحيط . وفيما عدا هذه الضربات قصـيرة الزمن ، لم يكن هناك ما يحدث فجأة للأرض : وانبثقت سلسـلة متتابعـة مـن الأنواع الحية الجديدة ، وتطورت ، ثم أصبحت منقرضة علـى مـدى أزمنـة جيولوجية تقاس بملايين السنين .

على أنه حدث فى فترة ضئيلة من تاريخ الأرض – آخر جزء من المليون من تاريخها ، أى منذ آلاف قليلة من السنين – أن تغيرت أنماط الحياة النباتيـة

(*) الستراتوسفير طبقة الجو العليا التى تعلو أول طبقاته أو التروبوسفير ؛ وتمتد مـن ١١ أو ١٧ كيلومتر إلى نحو ٥٥ كيلو متر فوق سطح البحر . (المترجم)

بمعدل أسرع كثيرا عن ذى قبل . كان هذا إشارة لبدء الزراعة: الطابع الدامغ لمنطقة لعشيرة من البشر ، الذين اكتسبوا القدرة عليها بواسطة الأدوات . وتزايدت سرعة التغير مع نهضة العشائر البشرية . على أنه أصبح من الممكن بعدها إدراك وجود تحولات مختلفة تماما ، بل انها كانت تحولات أكثر حدة . حدث خلال خمسين سنة ، أى ما يزيد قليلا عن جزء من مائة مليون من عمر الأرض ، أن أخذت كمية ثانى أكسيد الكربون فى الجو تتزايد بسرعة شاذة ، بعد أن ظلت طول معظم تاريخ الأرض تتناقص ببطء . وأصبح الكوكب يبث موجات الراديو بثا كثيفا (هو المجموع الكلى لمخرج إرسال كل أجهزة التليفزيون ، والتليفون الخلوى (المحمول ، والرادار) .

حدث أيضا شئ آخر لا سابق له فى كل تاريخ الأرض الذى يبلغ ٤,٥ بليون سنة : فقد فارق سطح الأرض أجسام معدنية – وإن كانت صغيرة جداً، ولا تصل فى أقصى وزن لها لما يزيد عن أطنان معدودة – وهربت هذه الأجسام خارج المجال الحيوى تماماً . دُفع بعض هذه الأجسام فى مدارات حول الأرض ؛ ورحل بعضها إلى القمر والكواكب ؛ بل وتبع القليل منها مسارا أخذها عميقا إلى الفضاء ما بين النجوم ، تاركة المنظومة الشمسية إلى الأبد .

لو كان هناك أفراد لعرق من كائنات متقدمة علميا خارج الأرض ترصد منظومتنا الشمسية سيمكنهم أن يتنبأوا فى ثقة بأن الأرض سوف تواجه مصيرها النهائى خلال ستة بلايين سنة أخرى ، عندما تعانى الشمس من آلام احتضارها ، وتنتفخ إلى "عملاق أحمر(*) " وتؤدى إلى تبخر أى شئ مازال باقيا فوق سطح كوكبنا. ولكن أيكون فى إمكانهم أن يتنبأوا بأن هذه النوبة التشنجية غير المسبوقة ستقع فى زمن أقل من نصف العمر المفترض للأرض – بسبب تلك التغيرات

(*) العملاق الأحمر هو أحد أطوار موت النجوم عندما ينفد وقود فرنها الذرى وتنفجر متضخمة.(المترجم)

التى يحدثها الانسان والتى شغلت عموما أقل من جزء من المليون مما أنقضـــى من عمر كوكبنا ، والتى يبدو أنها تحدث الآن بمعدل سريع سرعة فائقة ؟

لو أن هؤلاء الغرباء المفترضين ظلوا يواصلون مراقبتنا ، ما الذى يمكن أن يشهدونه فى مئات السنين التالية ؟ هل تصدر صرخة طويلـــة نهائيـــة يتبعهـــا السكون؟ أو أن كوكبنا نفسه يستقر به الحال ؟ هل سيحدث أن بعضا من الأجسام المعدنية الصغيرة التى أُطلقت من الأرض ستفرخ واحات جديدة للحياة فى مكان آخر فى المنظومة الشمسية ، وتوسع فى النهاية من تأثيراتها، عن طريق حيـــاة غريبة ، أو ماكينات أو إشارات معقدة ، بما يصل بعيدا وراء المنظومة الشمسية، بحيث تخلق "مجالا أخضر" يزداد توسعا ويتخلل فى النهاية المجرة كلها ؟

قد لا تكون هناك "مغالاة سخيفة" - بل والحقيقة أنه قد لا تكون هناك حتى مبالغة - عندما نؤكد أن أكثر المواقف الحاسمة فى المكان والزمان (فيما عـــدا الانفجار الكبير(*) نفسه) يمكن أن تكون موجودة هنا حالياً . أعتقـــد أن هنـــاك احتمالا لايزيد عن خمسين لخمسين فى المائة بأن تظل حضارتنا الحالية باقيـــة فوق كوكب الأرض حتى نهاية القرن الحالى . فى إمكاننا باختياراتنا وتصرفاتنا أن نضمن دوام الحياة مستقبلا (ليس على كوكب الأرض فحسب وانما ربما ايضا بما يتجاوزها بعيداً). أو أنه يمكن أن يحدث، عن طريق تعمد خبيث ، أو عـــن حظ عاثر ، أن تؤدى تكنولوجيا القرن الحادى والعشرين إلى أن يحيق الخطـــر بإمكانات الحياة إلى حد يعوّق مستقبلها البشرى وما بعد البشرى . سنجد أن ما يحدث هنا على كوكب الأرض فى هذا القرن يمكن أن يكون فيه كل الفارق الذى نستطيع تصوره بين حال يقرب من الخلود يمتلئ بما يتزايد أبدا من أشكال الحياة المعقدة والرهيفة وبين حال لا يمتلئ بشئ غير مادة متدنية .

(*) الانفجار الكبير النظرية السائدة عن بدء الكون بمفردة من تفجره من نقطة ضغط وحرارة شديدين.(المترجم)

- ٢ -

صدمة التكنولوجيا

ربما يؤدى علم القرن الحادى والعشرين إلى تغيير أفراد البشر أنفسهم - وليس فحسب طريقة معيشتهم . ومن الممكن أن نجد أن الماكينة فائقة الذكاء ستكون آخر اختراع يبتكره البشر مطلقا.

" وقعت فى القرن الماضى تغيرات أكثر من كل ما وقع فى السنوات الألف الماضية . سوف يشهد القرن الجديد تغيرات تتضاءل أمامها كالأقزام تغيرات القرن الماضى". كثيرا ما تم التعبير عن هذا الشعور فى سنوات ٢٠٠٠ و ٢٠٠١، مع فجر الألفية الجديدة ؛ على أن هذه الكلمات تعود فى الحقيقة وراء إلى ما يزيد عن مائة عام ، وهى تشير إلى القرنين التاسع عشر والعشرين ، وليس إلى القرنين العشرين والحادى والعشرين . فهى كلمات من محاضرة تمت فى ١٩٠٢ عنوانها " اكتشاف المستقبل" ألقاها الشاب هـ . ج. ويلز(*) فى المعهد الملكى بلندن .

بحلول نهاية القرن التاسع عشر كان داروين هو والجيولوجيون قد خططوا بالفعل فى صورة تقريبية الطريقة التى تطورت بها الأرض ومحيطها الحيوى . ولم يكن هناك إدراك بعد لعمر كوكب الأرض الكامل ، إلا أن تقديره ارتفع إلى مئات الملايين من السنين . دُرّست هذه الأفكار لويلز نفسه حيث كانت لا تزال وقتها أفكارا مبتكرة ملتهبة ، ودّرسها لويلز ت. هـ. هكسلى(**) أكبر نصير وداعية لداروين.

**) هربرت جورج ويلز (١٨٦٦ - ١٩٤٦) مفكر ومؤرخ انجليزى ، ومن أبرز كتاب روايات الخيال العلمى . (المترجم) .

(**) توماس هنرى هكسلى (١٨٢٥ - ١٨٩٥) عالم بيولوجيا انجليزى من أكبر أنصار داروين . (المترجم) .

اتسمت محاضرة ويلز أساساً بأسلوب الرؤى . فقـال " قطعـت البشـرية بعضا من الطريق ، والمسافة التى اجتزناها تعطينا بعض علامة للطريق الـذى علينا أن ننطلق فيه . ما الماضى كله إلا بداية البداية ؛ وكل ما أنجـزه العقـل البشرى ليس إلا الحلم الذى يسبق اليقظة " . وهذا الأسلوب النثرى لويلز الـذى يتسم نوعا بالتنميق مازال له رنينه بعد مائة عام .

ازدهر فهمنا العلمى – عن الذرة والحياة والكون – بطريقة لم يتصـورها حتى ويلز : ولاريب أن ويلز قد أصاب فى تنبؤه بأن القرن العشـرين سـيرى تغيرات أكثر مما فى السنوات الألف السابقة . وقد أدى مـا نـتج عـن هـذه الاكتشافات المبتكرة إلى إحداث تحول فى عالمنا وحياتنـا . ولا شـك فـى أن ابتكاراتنا التكنيكية المذهلة كانت ستثير البهجة فى ويلز ، بمثل ما تثيرهـا فيـه أيضا التوقعات المنتظرة فى العقود التالية.

على أن ويلز لم يكن متفائلا بسذاجة . فقد ألقى فى محاضرته الضوء على خطر الكوارث الكوكبية : لن نتمكن من أن نتبين أى سبب واضح يمكن أن ينفى لنا أن ثمة أشياء معينة ينبغى أن تؤدى بصورة مطلقة إلى تدمير وإنهاء الجـنس البشرى هو وكل حكايته ؛ ولا أى سبب ينفى أن هناك لـيلاً ينبغـى أن يسـدل أستاره الآن ويجعل كل أحلامنا وجهودنا تتبدد هباء ... بواسطة شئ يأتى مـن الفضاء ، أو وباء ، أو بعض علة خطيرة فى الجو ، أو بعض سم يجر الأنيـال من مذنّب ، أو انبثاق هائل للبخار من داخل الأرض ، أو حيوانات جديدة تعيش بافتراسنا ، أو بعض عقاقير أو جنون مدمر فى عقل الانسان " . وقد صار ويلز فى سنواته الأخيرة أشد تشاؤما ، خاصة فى كتابه الأخير ، " العقل عنـد آخـر امكاناته " . ولعله لو كان يكتب فى يومنا لزاد عمق شعوره الذى يقارب الشعور باليأس بشأن "الجانب المنحدر" للعلم . أصبح عند البشر بالفعل الوسيلة لتـدمير حضارتهم بالحرب النووية : وهم يكتسبون فى القرن الجديد خبرة بيولوجية يمكن أن تكون مميتة بما يساوى الحرب النووية ؛ سيكون مجتمعنا المتكامـل أكثـر استهدافا للمخاطر السيبرية ؛ وها هو الضغط البشرى يتراكم على البيئة تراكمـا

فيه خطر . ثمة عوامل شد بين النواتج الحميدة وتلك المدمرة التى تنجم عن الاكتشافات الجديدة ، والتهديدات التى تفرضها السلطة البروميثيوسية(*) التى يعطيها لنا العلم ، وهذه كلها أمور حقيقية على نحو مزعج وتتزايد فى حدتها .

لابد وأن جمهور المستمعين لويلز فى المعهد الملكى كانوا يعرفون من قبل أنه مؤلف "ماكينة الزمان " . أخذ مسافر الزمن فى هذه الرواية الكلاسيكية يطلق برفق عنان ماكينته للأمام : " حل الليل بمثل ما نطفئ النور، وبعد لحظة أخرى حل الغد " . وإذ زاد من سرعة الماكينة " اندمج الليل والنهار فى شئ واحد رمادى متصل... أخذت أسافر ، وأنا أتوقف من وقت لآخر ، وأقطع خطى هائلة من ألف سنة أو أكثر ، وقد جذبنى لغز مصير كوكب الأرض ، وأنا أرقب فى افتتان غريب الشمس وهى تزداد كبرا وعمقا فى السماء جهة الغرب ، بينما حياة كوكب الأرض القديم تنحسر بعيداً". ويلتقى مسافر الزمان بعهد حيث ينقسم النوع البشرى إلى قسمين "الإلوى" العقيمون الطفوليون ، و "المورلوك" سكان ما تحت الأرض ذوى النزعة التوحشية الذين يستغلون الإلوى . ويصل فى النهاية إلى ما بعد الزمن الحالى بثلاثين مليون سنة ، حيث يوجد عالم قد انقرضت فيه كل الأشكال المألوفة للحياة . ثم يعود إلى الحاضر جالبا معه نباتات غريبة كبرهان على رحلته .

يستغرق الأمر فى قصة ويلز ثمانمائة ألف سنة حتى ينقسم البشر إلى فرعين ، وهذا مدى زمنى مدى زمنى يتوافق مع الأفكار الحديثة عن الزمن الطويل الذى استغرقته البشرية لتنبثق عن طريق الانتخاب الطبيعى . (يمتد البرهان على أقدم اسلافنا من أشباه البشر(**) وراء إلى أربعة ملايين سنة ؛

(*) بروميثيوس : شخصية فى الأساطير الإغريقية ، سرق النار من السماء وأعطاها للبشر وعاقبة زيوس كبير الآلهة بأن قيده إلى صخرة لينهشه عقاب . ثم تلتئم جراحه لينهشه العقاب ثانية . (المترجم) .

(**) أشباه البشر (الهومنويد) أعضاء عائلة فوقية تشمل الانسان والقردة العليا وأسلافهما البائدة. (المترجم) .

وقد مضى ما يقرب من أربعين ألف عام منذ حل البشر " المحدثون " محل "النياندرتاليين")(*). على أن ما سيحدث فى القرن الجديد من تغيرات فى أجساد البشر ومخهم لن تكون تغيرات محددة بمعدل سرعة الانتخاب الداروينى ، ولا حتى بمعدل سرعة التربية الانتخابية . ذلك أنه إذا استُخدمت الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية على نطاق واسع فإنهما يمكن ان تحولا شكل بدن وعقل البشر بمعدل أسرع كثيرا مما تنبأ به ويلز . وفى الحقيقة كما يحدس لى سيلفر فى كتابه " إعادة صنع جنة عدن " فأن الأمر يمكن أن يستغرق فحسب أجيالا معدودة حتى تنقسم البشرية إلى نوعين: إذا أصبحت التكنولوجيا التى تمكن الآباء من " تصميم أطفال متميزين وراثيا أمرا متاحا فقط للأثرياء ، سوف يحدث توسيع للفارق بين "الأغنياء بالجين " و "الطبيعيين" . بل أنه قد تحدث تغيرات لا وراثية على نحو أكثر مفاجئة ، فتُحدث تحولا فى خواص البشر العقلية فى أقل من جيل ، وذلك بناء على السرعة التى يمكن بها إنشاء وتسويق عقاقير جديدة . وإذا كانت أساسيات البشرية لم تتغير تغيرا جوهريا خلال كل التاريخ المسجل ، فإنها يمكن أن تأخذ فى التحول خلال هذا القرن .

تنبوات لم تتحقق

عثرت مؤخرا فى مكتبة لبيع الكتب القديمة على بعض مجلاّت علمية ترجع إلى عشرينيات القرن العشرين ، فيها تصورات خيالية عن المستقبل . كانت طائرات المستقبل وقتها توصف بأن لها صفوف من أجنحة أحدها فوق الآخر ؛ ظن الفنان أنه حيث أن الطائرات المزدوجة الأجنحة تبدو وقتها متقدمة على طائرات الجناح الواحد، سيكون هناك مزيد من "التقدم" إذا كُدست الأجنحة مثل ستار النافذة الفينيسى(**). من الممكن أن يكون فى الاستقراء ما يضلل .

(*) إنسان نياندرتال : إنسان من العصر الحجرى القديم وجدت بقاياه لأول مرة فى وادى نياندرتال بألمانيا.(المترجم) .

(**) ستارة من المعدن أو البلاستيك تتألف من شرائط أفقية متوازية تتداخل فوق بعضها عند الإغلاق.(المترجم) .

وبالاضافة فإن التخطيطات التى تبنى مباشرة على النزعات الحالية ستغفل الابتكارات الأكثر ثورية : الأشياء الجديدة نوعيا التى تغير العالم حقا .

بل إنه حتى منذ أربعمائة عام ، أكد فرنسيس بيكون(*) أن أهم أوجه التقدم هى الأقل فى إمكان التنبؤ بها . وقد أذهله بوجه خاص ثلاثة اكتشافات قديمة : البارود ، والحرير ، والبوصلة البحرية . وقد كتب فى "الأرجانون الجديد " : تلك الأشياء ... لم تُكتشف بالفلسفة أو فنون العقل ، وإنما عرضا وبالصدفة" ؛ وهى أشياء " ذات نوعية مميزة " بحيث أنه " ما من فكرة مسبقة يمكن أن تكون فيما يحتمل قد أدت إلى اكتشافها" . وكان بيكون يعتقد أن "هناك أشياء كثيرة لها استخدامات ممتازة ومازالت مخزونة فى حِجر الطبيعة وليس فيها أى قرابة أو مشابهة لما قد تم اكتشافه من قبل... فهى تقبع بعيدا تماما عن مسار أى تخيل " .

اكتشفت أشعة إكس فى ١٨٩٥ ، ولابد وأنها بدت لويلز كالسحر مثلما بدت البوصلة لبيكون . وعلى الرغم من أن هذه الأشعة لها فائدتها الواضحة، إلا أنها لم تكن فيما يحتمل مما يمكن التخطيط له . ولو طُرح اقتراح لإجراء بحث ليجعل اللحم يبدو شفافا لما وجد من يموله ، وحتى لو وجد من يموله ، فإن من المؤكد أن هذا البحث ما كان ليؤدى إلى أشعة إكس . وستواصل الاكتشافات الكبرى أن تأخذنا على غرة . ليس غير قلة من الأفراد تمكنوا من التنبؤ بالاختراعات التى حولت شكل العالم فى النصف الثانى من القرن العشرين . فى ١٩٣٧ نظمت الأكاديمية القومية للعلوم فى الولايات المتحدة دراسة تهدف إلى التنبؤ بإنجازات خارقة ؛ وقراءة التقرير فيها ما يفيد متنبئى التكنولوجيا المعاصرين . خرج التقرير ببعض تقييمات ذكية عن الزراعة ، وعن البنزين المركب تخليقيا ، والمطاط الاصطناعى . أما الأمر الأكثر لفتا للأنظار فهو ما

(*) فرنسيس بيكون فيلسوف انجليزى (١٥٦١ - ١٦٢٦) من أهم رواد المنهج العلمى الحديث؛ وقد ألّف كتاب " الأرجانون الجديد " ليعارض به أرجانون أرسطو أو كتبه المنطقية . (المترجم) .

أغفله التقرير . لا ذكر للطاقة النووية ، ولا للمضادات الحيوية ، (وإن كان التقرير بعد ثمانى سنوات من اكتشاف الكسندر فليمنج للبنسلين) ، ولا ذكر للطيران النفاث ، ولا الصواريخ ولا أى استخدام للفضاء، ولا الكمبيوترات ؛ كما أنه بكل تأكيد لا يرد فيه ذكر للترانزيستور . فات اللجنة أن تنتبه للتكنولوجيات التى هيمنت بالفعل على النصف الثانى من القرن العشرين . بل لقد كان أقل ما أمكنهم التنبؤ به هو تلك التحولات الاجتماعية والسياسية التى حدثت خلال ذلك الوقت .

كثيرا ما تعمى أبصار العلماء عن نواتج الاكتشافات حتى ولو كانت هذه الاكتشافات خاصة بهم هم أنفسهم . ومن المشهور أن إرنست روذرفورد أعظم علماء الفيزياء النووية فى زمنه قد نبذ وجود أى أهمية عملية للطاقة النووية إذ عد ذلك مجرد "هراء" . وكان رواد اللاسلكى يعتبرون البث اللاسلكى كمجرد بديل للتلغراف ، وليس وسيلة للبث " لأطراف أخرى كثيرة". كما أن العالم العظيم جون فون نيومان الرياضى الذى صمم الكمبيوتر، وكذلك توماس ج واطسون مؤسس شركة "آى بى إم" (IBM) ، لم يتصور أى منهما وجود حاجة لأكثر من ماكينات حاسوبية معدودة فى أنحاء القطر كله . وحاليا توجد التليفونات المحمولة هى وكمبيوترات الكف فى كل مكان وزمان على نحو كان سيؤدى إلى ذهول أى فرد منذ قرن مضى ؛ إنها أمثلة للقول المأثور عند أرثر سى كلارك(*) من أن التكنولوجيا التى تبلغ حدا وافيا من التقدم لا يمكن تمييزها عن السحر . وإذن ما الذى يمكن أن يحدث فى القرن الجديد ويكون " سحرا" بالنسبة لنا ؟

المتنبئون يفشلون عموما فشلا مؤسيا فى استشراف التغيرات العنيفة التى أدت لها اكتشافات كانت تماما غير قابلة للتنبؤ بها . وعلى عكس ذلك فإن التغير

(*) من أشهر كتاب الخيال العلمى المعاصرين فى انجلترا وقد حصل على لقب سير تقديرا لمؤلفاته.(المترجم)

الكمى كثيرا ما يكون أبطأ مما يتوقعه المتنبئون ، وهو بالتأكيد أبطأ كثيرا مما هو ممكن تكنيكيا . وليس غير قلة يكونون ذوى بصيرة علمية مثل كلارك ، إلا أن علينا ولا ريب أن ننتظر لما يتجاوز كثيرا ٢٠٠١ حتى يكون هناك مستعمرات فضائية كبيرة أو قواعد قمر كبيرة .

أصاب الركود تكنولوجيا الطيران المدنى ، بنفس الطريقة التى ركد بها طيران سفن الفضاء التى يقودها الانسان . كان فى وسعنا الآن أن يكون لدينا طائرات بسرعة تفوق سرعة الصوت ، إلا أننا لا نمتلك هذه الطائرات وذلك أساسا لأسباب اقتصادية وبيئية ؛ ونحن نعبر الأطلسى بالنفاثات التى ظل لها أساسا أداء متماثل طيلة السنوات الخمس والأربعين الأخيرة ، ومن المرجح أن تظل كذلك للعشرين سنة التالية . فما تغير هو حجم حركة الطيران . وتحول النقل الجوى للمسافات البعيدة إلى سوق جماهيرية يسهل دفع أسعارها . هناك بالطبع تحسينات تكنيكية ، كما مثلا فى تحكمنا المحوسب، وتحديدنا الدقيق للموقع الذى تتيحه الأقمار الصناعية لمنظومة تحديد الموقع كوكبيا ؛ وأكثر التغيرات الملحوظة بالنسبة للمسافرين هى تعقد الأدوات التى توفر التسلية على متن الطائرة . ونحن بما يماثل ذلك نسوق سيارات لا تتحسن عبر العقود إلا فى نواحى الكم . وعموما فإن تكنولوجيا النقل قد تنامت ببطء أكثر مما توقعه متنبئون كثيرون .

ومن الناحية الأخرى ، نجد أن كلارك ومعظم المتنبئين الآخرين قد أُخذوا على غرة بسبب السرعة التى انتشرت وتقدمت بها الكمبيوترات الشخصية ، وبسبب ما نتج عن ذلك مثل شبكة الأنترنت . تتزايد الآن الكثافة التى تُحفر بها الدوائر على الرقائق الدقيقة للكمبيوتر وذلك بمعدل الضعف كل ثمانية عشر شهراً ، واستمر ذلك لما يقرب من ثلاثين عاما بما يتفق و"القانون" الشهير الذى طرحه " جوردون مور " الذى شارك فى تأسيس شركة " إنتل " . وكنتيجة لذلك

أصبح لدى لوحة مفاتيح كمبيوتر الألعاب قدرة على المعالجة أكبر كثيرا مما كان متاحا لرائدى الفضاء فى مركبة أبوللو عندما حطّوا على القمر . جورج إفستاثيو زميل لى فى كمبردج يجرى محاكيات على الكمبيوتر عن الطريقة التى تتشكل بها المجرات وتتطور ، وهو يستطيع الآن ان يكرر أداء الحسابات على كمبيوتر للحجر أثناء راحة الغذاء ، وهى حسابات كانت ستستغرق شهورا عند إجرائها على أسرع كمبيوتر فائق متاح فى ١٩٨٠ عندما أجراها لأول مرة . سوف يحدث سريعا أننا لن يكون لدينا فقط تليفونات محمولة ، وإنما وسائل اتصال بكل واحد آخر لها عرض نطاق(*) كبير ، وقدرة للتوصل فى التو لكل المعرفة المسجلة . كما ستتزايد سرعة ثورة الجينوميات – وهى أحد الملامح المهيمنة فى الفترة الباكرة من القرن الحادى والعشرين : عندما بدأ المشروع العظيم لرسم خريطة الجينوم البشرى ، لم يتوقع سوى قلة من الأفراد أنه سينتهى عمليا الآن .

وضّح فرانسيس بيكون المفارقة بين اكتشافاته " السحرية " الثلاثة واختراع المطبعة ، " التى لم يكن فيها أى شئ غير جلى وواضح عموما ... وعندما تم صنعها، بدا مما لايصدق أنها ظلت فيما ينبغى كل هذا الزمن الطويل بعيدة عن الانتباه". تنبثق معظم الاختراعات مثلما انبثقت المطبعة ، حسب الطريق الثانى عند بيكون : " عن طريق نقل وتركيب وتطبيق (أشياء) معروفة من قبل " . والمصنوعات والأدوات المألوفة فى الحياة اليومية هى عموما نتاج مسار ممتد من التحسينات المتزايدة كمّا . إلا أنه يظل هناك وجود لابتكارات ثورية ، وذلك على الرغم من وجود بنية تحتية هائلة للعلم ، وهى بنية كانت منقوصة تماما فى القرون الأقدم . والحقيقة أن جبهات تقدم المعرفة عندما تتزايد طولا تؤدى إلى زيادة الفرصة لظهور بعض مفاجئات رائعة .

(*) عرض النطاق Bandswidth : سعة الإرسال فى قناة اتصال . (المترجم)

أتزيد سرعة التقدم ؟

لا نستطيع أن نضع الحدود لما يمكن أن ينجزه العلم عبر قرن بأسره، ولهذا ينبغي علينا أن نبقى عقولنا متفتحة ، أو على الأقل منفرجة ، للمفاهيم التى يبدو الآن أنها تقع على شواطئ جامحة من الفكر التخمينى . هناك تنبؤ واسع الأنتشار بأنه سوف توجد روبوتات تفوق البشر فى منتصف القرن . بل وهناك أوجه تقدم أكثر إذهالا بكثير يمكن أن تنبع فى النهاية من مفاهيم جديدة أساسا فـــى العلـــوم الأساسية لم يتم للآن تصورها وليس لها للآن مفردات تصفها . من المســتحيل صنع تنبؤات مستقبل متينة تنتج عن استقراءات هائلة من المعرفة الحالية .

" راى كورزويل " هو الرائد الروحى " للذكاء الاصطناعى" ومؤلف كتـــاب "عصر الماكينات الروحية" وهو يزعم أن القرن الحادى والعشرين ســيرى مـــا يساوى "٢٠٠٠٠ سنة من التقدم بالمعدل الحالى " . وهذا بالطبع مجرد مبالغـــة بيانية لما يزعمه لأن "التقدم" لايمكن تقديره كميا إلا خلال فترات زمنية محدودة.

هناك قيود فيزيقية على مدى رهافة الطريقة التى يمكن بها الحفـــر علـــى الرقائق الدقيقة للسليكون باستخدام التكنيكات الحالية ، وذلك لنفس السبب الـــذى يؤدى لوجود قيود على تحدد الصور التى يمكن أن تعطيها لنا الميكروســكوبات والتليسكوبات . على أن هناك طرائق جديدة يتم بالفعل انشاؤها تستطيع أن تطبع الدوائر بمقياس أرهف كثيرا، وبالتالى لن تكون هناك حاجة للتعديل فى " قانون مور " . بل إنه سيحدث ربما خلال عشر سنوات أن ستوجد كمبيوترات فى حجم ساعة اليد تربطنا بشبكة انترنت متقدمة وبمنظومة تحديد الموضع الكوكبية . وإذا تطلعنا إلى أبعد فى المستقبل سنجد أنه ربما ستزيد قوة الحوسبة لأكثر باستخدام تكنيكات مختلفة تماما ، مثل حزم ضوئية دقيقة تتقاطع متصالبة ، بما لايتطلـــب أى دوائر على رقائق.

على الرغم من أن التصغير المنمنم أصبح بالفعل أمـرا مـذهلا ، إلا أنـه مازال حقا بعيدا جدا عن أى من قيوده النظرية . يحوى كل (عنصر – دائـرة) دقيق من رقيقة السليكون بلايين من الذرات : ومثل هذه الدائرة تعد كبيرة كبـرا مفرطا و "بدائية" عندما تقارن بالدوائر الأصغر التى يمكن أن توجد من حيـث المبدأ . فهذه الدوائر الأصغر ستكون مقاييسها بالنانومتر فحسب – أى بجزء من البليون من المتر، وليس بالميكرون (جزء من المليون من المتر) وهو المقياس الذى تحفر به الرقائق الحالية . ومما يؤمل على المدى الطويـل تجميـع بنـى ودوائر بمقاييس نانوية "حسب طلب المستهلك" وذلـك بـأن نثبـت معـا ذرات وجزيئات منفردة . وهذه هى الطريقة التى تنمو بها الكائنات الحيـة وتتنـامى . وهذه هى الطريقة التى تصنع بها "كمبيوترات" الطبيعة : أى مخ الحشرة الـذى لديه قوة معالجة مساوية للكمبيوتر الحالى .

يتصور الأتباع المتحمسون للنانوتكنولوجيا " جهاز تجميع " يستطيع الإمساك بالذرات المفردة ، لينقلها هنا وهناك مجمعا إياها الواحـدة بعـد الأخـرى فـى ماكينات لايزيد حجم مكوناتها عن الجزيئات . ستتيح هذه التكنيكـات لعناصـر المعالجة فى الكمبيوتر أن تكون أصغر بألف مثل ، وتتيح اختزان المعلومات فى ذاكرات أكثر فى دمجها ببليون مرة عن أفضل ما لدينا الآن . بل إن الأمخـاخ البشرية قد تعزز قدراتها بما يزرع فيها من الكمبيوترات . من الممكن أن يكون للماكينات النانوية بنية جزيئية معقدة مثل الفيروسات والخلايا الحية ، وأن تُظهر حتى تنوعا أكثر ؛ فهى تستطيع أن تقوم بمهام من انتاج صناعى ؛ وتستطيع أن تزحف هنا وهناك داخل أجسادنا لترصد مايحدث وتأخذ قياسات ، أو حتى تجرى جراحات ميكروية .

تستطيع النانوتكنولوجيا أن توسع النطاق الزمنى لقانون " مور" إلى ما يصل إلى ثلاثين عاما أخرى ؛ وبحلول ذلك الوقت ستضاهى الكمبيوترات قوة المعالجة عند المخ البشرى . ويستطيع كل أفراد البشر عندها أن يسـبحوا فـى فضـاء

معلوماتى يتيح لهم الاتصال فى التو أحدهم بالآخر ، ليس فحسب بالكلام والرؤية وانما عن طريق واقع خائلى متقن .

يعتقد هانز مورافيك رائد الروبوتات أن الماكينات ستحصل إلى مستوى الذكاء البشرى بل وربما حتى " تتفوق عليه" . حتى يحدث هذا ، لن يكفى مالها من قوة عنصر المعالجة : سوف تحتاج الكمبيوترات إلى عناصر استشعار تمكنها من أن ترى وتسمع كما نفعل نحن ، وستحتاج إلى برمجيات تعالج وتفسر ما تخبره بها عناصر استشعارها . يحدث التقدم فى البرمجيات بمعدل أبطأ كثيرا من التقدم فى المعدّة : لا تستطيع الكمبيوترات بعد أن تضارع السهولة التى يستطيع بها حتى الطفل فى الثالثة من العمر أن يتعرف على الأشياء الصلبة ويتعامل معها . ربما سيمكن أنجاز ما هو أكثر بأن نجرب إجراء " هندسة عكسية "(*) للمخ البشرى ، بدلا من أن نعمل فحسب على زيادة سرعة ودمج عناصر المعالجة التقليدية . وما ان يحدث ان تتمكن الكمبيوترات من ملاحظة وتفسير بيئتها بنفس البراعة التى نفعل نحن بها ذلك عن طريق أعيننا وأعضاء حسنا الأخرى ، فإن مالها من سرعة أكبر فى التفكير والاستجابة يمكن أن تتيح لها أن تتميز علينا . وعندها سوف تتم رؤيتها ككائنات ذكية، يمكن أن ننتمى لها بصلة قرابة ، على الأقل من بعض الجوانب ، بمثل ما نكونه مع الناس الآخرين. ومن الممكن أن تنشأ هكذا قضايا أخلاقية . نحن نتقبل عموما الالتزام بأن نضمن لأفراد البشر الآخرين (بل ولبعض أنواع على الأقل من الحيوان) أن يستطيعوا إنجاز إمكاناتهم "الطبيعية" . هل سيكون علينا نفس هذا الواجب بالنسبة للروبوتات الراقية التى أبدعناها نحن ؟ هل ينبغى أن نشعر بالالتزام برعاية رفاهيتها ، وأن نشعر بالذنب عندما تعانى من البطالة ، أو الاحباط ، أو الملل؟

(*) الهندسة العكسية هى أصلا تفكيك منتج منافس لمعرفة طريقة عمله ، للوصول مثلا إلى تقليده أو تحسينه.(المترجم)

هل هو مستقبل بشرى أو ما بعد البشرى ؟

تفترض هذه المخططات أن سلالتنا سيظل أفرادها متميزين "كبشر" . على أن خصائص البشرية وفيزيقيتها سرعان ما ستصبح مرنة طيعة . سيصير في الإمكان أن تُعزز إلى حد كبير بعض جوانب من القدرات البشرية العقلية بإجراء عمليات زرع فى المخ (أو ربما أيضا بعقاقير جديدة): فتتعزز هكذا مهاراتنا المنطقية أو الرياضية ، وربما حتى قدرتنا على الإبداع . وربما سنتمكن من أن "يُوصل فينا قابس" لذاكرة اضافية ، أو أن نتعلم بمدخلات مباشرة للمخ (أن نحقق "دكتوراه الفلسفة تو اللحظة " ؟) . يخمن جون سلستون ، أحد قادة مشروع الجينوم البشرى المزيد من التضمينات : " ما هو مقدار المعدّة اللابيولوجية التى يمكننا تثبيتها فى جسم بشرى ونظل بعدها نطلق عليه أنه بشرى ؟ ... لعل ذلك يكون فيه بعض مزيد من الذاكرة؟ أو مزيد من قدرة المعالجة ؟ لم لا ؟ وإذا كان الأمر هكذا ، فلعل هناك نوعا ما من الخلود يوجد مباشرة عند منعطف قريب " .

ستكون الخطوة التالية هى اجراء هندسة - عكسية للأمخاخ البشرية بطريقة تفصيلية بما يكفى لأن نتمكن من ترحيل معلومات من الأفكار والذكريات إلى إحدى الماكينات، أو أن نعيد إنشاءها اصطناعيا. سيتمكن البشر عندها من التسامى على البيولجيا بأن يندمجوا مع الكمبيوترات ، وربما أدى ذلك إلى فقدان البشر لتفردهم والى تطورهم إلى وعى جماعى مشترك . إذا ظلت الاتجاهات التكنيكية الحالية مستمرة دون عائق ، ينبغى عندها ألا نرفض ما يعتقده مورافيك من أن بعض الناس ممن يعيشون الآن يمكن أن يصلوا إلى الخلود - بمعنى ألا يكون مدى عمرهم مقيدا بأجسادهم الحالية . سيحتاج من يلتمسون هذا النوع من الحياة الأبدية إلى أن ينبذوا أجسادهم وإلى أن ترحل المعلومات لامخاخهم كالمعدات السليكونية . وحسب طريقة التعبير بالأسلوب القديم الروحانى فإنهم سوف "يعبرون إلى الجانب الآخر" .

لعل الماكينة فائقة الذكاء ستكون هى الاختراع الأخير الذى سيخترعه البشر على الاطلاق . ما إن تتفوق الماكينات على الذكاء البشرى ، حتى يصبح فى إمكانها هى أنفسها أن تصمّم وتجمّع جيلا جديدا من ماكينات تكون حتى أكثر ذكاء. وربما يحدث بعدها أن يتكرر ذلك ، مع تسارع التكنولوجيا فى سباقها للوصول إلى أدق طرف أو إلى نقطة " المفردة" ، التى يحدث عندها أن تزداد سرعة الابتكار منطلقة إلى اللانهاية . (كان فيرنور فينج عالم المستقبليات الكاليفورنى أول من استخدم مصطلح "المفردة" فى هذا السياق من الرؤيا). من المستحيل أن نتنبأ بما يمكن أن يشبهه العالم بعد وقوع هذه "المفردة" . بل انه حتى تلك القيود التى تتأسس على قوانين الفيزياء كما نفهما حاليا قد تصبح غير مؤكدة . وربما أمكن التحكم فى بعض " المشاكل الأساسية" للعِلم التخمينى التى تحير الفيزيائيين حاليا – مثل السفر فى الزمان، وانبعاجات الفضاء، وما أشبه – وذلك بواسطة الماكينات الجديدة التى ستحول شكل العالم أيضا فزيائيا.

سنجد بالطبع أن كيرزويل وفينج يتخذان موقعا على حافة الرؤيا (أو حتى وراء هذه الحافة) ، حيث يلتقى التنبؤ العلمى مع رواية الخيال العلمى . ينتمى الإيمان "بالمفردة" إلى التيار الرئيسى فى علم المستقبل ، بما هو أشبه بوجود تيار رئيسى ينتمى له الأمل بالوصول لعصر ألفية سعيدة من "النشوة" – التى يُحتشد لها فيزيقيا فى "السماوات" عند "يوم قيامة" وشيك – هذا الأمل الذى ينتمى إلى التيار الرئيسى للمسيحية .

الخلفية الثابتة

تستطيع نظم المعلومات هى والبيوتكونولوجيا أن تنطلق قدما بسرعة كبيرة لأنها بخلاف ما يحدث مثلا فى الأشكال التقليدية للبنية التحتية لتوليد الطاقة والنقل ، لا تعتمد على منشآت ضخمة يستغرق انشاؤها سنوات ويلزم أن تدار

لمدة عقود من السنين . إلا أن الأشياء ليست كلها قابلة للتحول وسريعة الـزوال مثل المعدّة الالكترونية .

فيما عدا بعض أحوال من نكبات كارثية – أو باستثناء أن يحـدث حقـا انطلاق تكنولوجى تجاه "مفردة" تستطيع بعدها الروبوتات الفائقة أن تحوّل شكل العالم تحولا أعنف مما نستطيع الآن تصوره – فيما عدا هذه الأحوال سوف نجد أن هناك حدودا للسرعة التى يمكن بها تغيير بيئتنا الأرضية . سيظل باقيا لـدينا الطرق ، و (ربما) السكك الحديدية ، وإن كان من الممكن أن يـدعمها وسـائل جديدة للانتقال (وكمثل ينبغى أن تتيح النظم الكوكبية لتحديد الموقع رحلات بالبر والجو مؤتمتة بحيث تخلو من الاصطدامات) . من الممكن حسب السيناريوهات المتفائلة أن يكتسب العالم النامى بنية تحتية جديدة للقرن الحادى والعشـرين ، لا يعوقها تراث الماضى . على أن هناك قيودا تضعها الطاقة والموارد : من غيـر المرجح أن يصير الطيران بسرعة تفوق الصوت أمرا روتينيا بالنسـبة لمعظـم سكان العالم ، إلا إذا تم اختراع بعض تصميم لطائرة أو محرك جديـدين جـدة جذرية . على أن الكثير من الانتقالات ستصبح غير ضرورية، عندما يحل محلها وسائل الاتصال عن بعد والواقع الخائلى .

ماذا عن استغلال الفضاء (ربما باستخدام نظم جديدة لقوى الـدفع)؟ أدت الروبوتيات والتصغير المنمنم إلى أن أضعفتا على المدى القصير مـن القضـية العملية لطيران سفن فضاء التى يقودها انسان . سيحدث فى العقود القادمـة أن تدور حول الأرض أسراب من أقمار صناعية منمنمة ؛ وسوف تحـوم خـلال المنظومة الشمسية مجسات مجهزة بمعدات معقدة لا يقودها انسان لتستكشف هذه المنظومة ؛ وسوف تجمّع الصناعة الروبوتية بنى كبيـرة ، وربمـا تسـتخلص موادها الخام من القمر أو الكويكبات . وسيحدث خلال خمسين سنة ، إذا أفلتـت حضارتنا من النكسات الكارثية فى الوقت نفسه ، أن يكون فى الإمكـان وجـود

برنامج نشط نشاطا حيويا لاستكشاف الانسان للفضاء، وإن كان من المرجح أن سيقود هذا البرنامج متعهدو المشروعات والمغامرون وليس الحكومات .

حتى عندما يكون هناك وجود متنامى للانسان فى الفضاء ، فإنه لن يشـمل إلا جزءا ضئيلا من البشر . ليس من مكان غير الأرض يوفر لنا موطن بيئـى حتى ولو كان هذا الموطن مماثلا فى رقته للقطب الجنـوبى أو قـاع المحـيط العميق؛ ومع ذلك فإن الفضاء قد يوفر الخلفية للمتحمسـين مـن المستكشـفين والرواد ، الذين قد يقيمون فى النهاية مجموعات اجتماعية مكتفية ذاتيا بعيدا عن الأرض . ومن الممكن بحلول نهاية القرن أن تتوطد كتل مُجتمعية من هذا النوع فوق القمر ، أو فوق المريخ ، أو تسبح حرة فى الفضـاء - إمـا كنـوع مـن الملاجئ، أو بروح من الاستشكاف . التساؤل عما إذا كان هذا سيحدث ، وكيف سيحدث ، يمكن أن يكون تساؤلا حاسما بالنسبة للتطور ما بعد البشرى ، بل هو أيضا تساؤل حاسم بالنسبة لمصير الحياة الذكية فى قرون المستقبل . لن يحـس الموجودون على الأرض بأدنى عزاء عندما يحدث للحياة هكذا أن "تشـق نفقـا" لعصر من المخاطر القصوى : إلا أنه عندها لن تستطيع أى كارثة أرضـية أن تخمد الإمكانات الكونية للحياة على المدى البعيد .

العالم الحقيقى : آفاق أطول

يصيغ متنبئو التكنولوجيا مواقفهم متأثرة بالبيئـة الاجتماعيـة والسياسـية للساحل الغربى للولايات المتحدة ، حيث يوجد تجمع لعدد كبير جدا من النـاس، ولذا فإن هؤلاء المتنبئين ينحون إلى تصور تغيرات تنطلق بلا قيود ، فى نظـام اجتماعى داعم للابتكارات وحيث تسيطر الدوافع الاستهلاكية على أى ايديولوجية أخرى . وهذه افتراضات قد تكون غير مبررة ، مثلها فى ذلك مثل الافتراضات التى تبخس دور الدين فى العلاقات الدولية ، أو التى تتنبأ بأن أفريقيا ما تحـت الصحراء الكبرى كانت ستتقدم باطراد منذ السبعينيات فى القرن العشرين بـدلا

من أن تنتكس إلى مزيد من العوز . هناك أبعاد إضافية من عدم اليقين يضـيفها ما يحدث من تطورات اجتماعية وسياسية لايمكن التنبؤ بها . والحقيقة أن إحدى الاطروحات الرئيسية فى هذا الكتاب هى أن أوجه التقدم التكنيكى سوف تـؤدى فى حد ذاتها إلى ان تجعل المجتمع أكثر تعرضا للتمزق .

ولكن حتى لو كان هذا التمزق ليس بأسوأ مما هو عليه الآن ، فـإن هـذه التنبؤات لا تفعل أكثر من أن تضع حدود الفاعلية لما قد يكون ممكنا : والفجوة بين ما هو ممكن تكنيكيا وما سوف يحدث واقعيا هى فجوة سوف تتسع . ثمـة ابتكارات هى فحسب لاتجذب ما يكفى من طلب اقتصادى أو اجتماعى : تمامـا مثلما حدث بعد سبعينيات القرن العشرين من ركود للطيـران بسـرعة تفـوق الصوت وللطيران فى الفضاء بسفن يقودها بشر ، وحاليـا (فـى ٢٠٠٢) فـإن إمكانات تكنولوجيا النطاق العريض(*) (جى٣ ، G3) أخذت تدخل فى الاستعمال على نحو بطئ نوعا لأنه ليس غير قلة من الناس يودون التزلج فـوق أمـواج الانترنت أو التفرج على الأفلام السينمائية مسـتخدمين فـى ذلـك تليفونـاتهم المحمولة.

سيكون الكابح بالنسبة للتكنولوجيات الحيوية كابحا أخلاقيا بـأكثر مـن أن يكون اقتصاديا. إذا لم تكن هناك لوائح تنظيمية لكبح جماح تطبيقات التكنيكـات الوراثية، فإن الشكل الجسدى والعقلى للبشر يمكن أن يتغير خلال أجيال معدودة. ويخمن علماء المستقبليات مثل فريمان ديسون أنه فى خلال قرون معدودة ، ربما سيحدث تنويع للهوموسابينز (الانسان العاقل) إلى أنواع فرعية عديدة ، تتكيـف مع صنوف شتى من المواطن البيئية خارج الأرض .

يحدث عموما أن القرارات الاقتصادية تهمل اعتبار ما قد يحدث بعد مضى عشرين سنة من الآن : فالمشروعات التجارية ليست جديرة بالاهتمام إلا إذا كان

(*) النطاق العريض : أسلوب اتصالات فى الشبكات تتميز بارتفاع عرض نطاقه . ويمكـن للشبكات عريضة النطاق أن تنقل أكثر من قناة اتصال فى الوقت نفسه .(المترجم)

لها ربح مجز أسرع من ذلك كثيرا ، خاصة عندما يكون هناك معدل سريع لزوالها. أما القرارات الحكومية فكثيرا ما تكون على مدى قصير مثل مدى توقيت الانتخابات القادمة . على أنه يحدث أحيانا - فى سياسة الطاقة مثلا - أن يمتد أفق هذه القرارات إلى خمسين سنة . يحاول بعض الاقتصاديين أن يوفروا حوافز للتخطيط على المدى الأطول وللحفاظ الحصيف على البيئة بأن يضعوا قيمة نقدية للموارد الطبيعية لأحد الأقطار ، وبالتالى يجعلوا تكلفة استنزافها بندا واضحا فى ورقة ميزانية الدولة . دارت المناقشات حول الاحترار الكوكبى بحيث أدت إلى بروتوكول كيوتو ، وهى مناقشات تضع فى الاعتبار ما قد يحدث فى المستقبل بعد قرن أو قرنين : الرأى الغالب هو ان الحكومات ينبغى أن تتخذ من الآن إجراءات وقائية ، من أجل ما يفترض أنه فى مصلحة سلالاتنا فى القرن الثانى والعشرين (وإن كان من غير الواضح للآن ما إذا كانت هذه الاجراءات ستنفذ بالفعل) .

يوجد سياق واحد حيث تنظر السياسة العامة الرسمية نظرة تمتد حتى لأبعد فى المستقبل ، ليس فحسب لمئات السنين وإنما لآلاف الأعوام : وذلك فيما يتعلق بالتخلص من النفايات المشعة الناتجة عن محطات القوى النووية . يظل لبعض هذه النفايات تأثيرها السام لآلاف كثيرة من السنين ؛ تتطلب مواصفات مستودعات النفاية فى كل من المملكة المتحدة والولايات المتحدة أن المواد الخطرة ينبغى أن تظل فى حيز محكم الاغلاق - دون أى تسرب عن طريق المياه الجوفية ، أو خلال شقوق تتفتح بالزلازل - وذلك على الأقل لمدة عشرة آلاف عام . وهذه الشروط الأساسية الجيولوجية التى فرضتها وكالة حماية البيئة بالولايات المتحدة ، كانت عاملا مهما فى اختيار موقع فى نيفادا ، يصل إلى عمق غائر تحت الأرض أسفل جبل يوكاً ، واتخذ هذا الموقع مدفنا قوميا لنفايات الولايات المتحدة .

أدت المناقشات الممتدة حول التخلص من النفايات المشعة إلى فائدة واحدة على الأقل : فقد ولّدت الاهتمام والقلق حول الطريقة التى يظل بها صدى أفعالنا الحالية يتردد خلال آلاف عديدة من السنين – وهذه بالطبع آماد زمنية مازالت جد ضئيلة بالنسبة لمستقبل كوكب الأرض ، ولكنها مع ذلك تتجاوز كثيرا آفاق معظم الآخرين من المخططين وصانعى القرارات . بل إن وزارة الطاقة الأمريكية قد عقدت اجتماعا لمجموعة من الأكاديميين من العاملين بفروع المعرفة البيئية ليناقشوا أفضل طريقة لوضع رسالة يمكن أن يفهمها البشر (إن تبقّى أحد منهم) بعد مرور آلاف عديدة من السنين من الآن. عندما توجد تحذيرات غير ملتبسة وشاملة بما يكفى لتجسير أى فجوة ثقافية يمكن تصورها ، فإن هذا أمر يمكن أن تكون له أهميته حقا فى تنبيه سلالاتنا البعيدة من الأخطار الخفية مثل مستودعات النفاية المشعة .

هناك مبادرة لما يسمى " مؤسسة الآن على المدى الطويل" يدعمها دانى هيليس (الذى اشتهر بأنه مخترع " ماكينة الربط " ، وهى كمبيوتر مبكر ضخم للمعالجة بالتوازى) وتهدف المؤسسة إلى دعم التفكير على المدى الطويل بانشاء جهاز ساعة كبيرة فائقة المتانة لتسجل مرور آلاف عديدة من السنين . يناقش ستيوارت براند فى كتابه " ساعة الآن على المدى الطويل " كيف نفعّل إلى الوضع الأمثل محتوى المكتبات ، وكبسولات الزمن ، وغير ذلك من المصنوعات التى تبقى زمنا وتستطيع أن تفيد فى أن ترتفع بنظرتنا إلى آفاق زمنية أطول .

لو حدث حتى أن ظلت التغيرات تتواصل بمعدل لايزيد سرعة عما فى القرون المعدودة الأخيرة ، سنجد أنه سيحدث بالتأكيد " تقلاب " فى الثقافات والمؤسسات السياسية خلال ألف واحدة من الأعوام . وإذا حدث انهيار كارثى

فى الحضارة فإنه يمكن أن يهدم الاستمرارية ، وأن يخلق فجوة يصل اتساعها إلى ما يماثل الصدع الثقافى الذى سنخبره الآن بالنسبة لقبيلة بعيدة فى الأمازون. ألّف والترم . ميلر الصغير رواية " ترنيمة لليبوفتز" وفيها ترتد أمريكا الشمالية إلى حالة من القرون الوسطى بعد حرب نووية مدمرة . لم يبق موجودا إلا مؤسسة الكنيسة الكاثوليكية وحدها، وتحاول أجيال من القسس لقرون عديده إعادة بناء معرفة وتكنولوجيا ما قبل الحرب من شظايا السجلات وذخيرة المأثور . أما جيمس لفلوك (المشهور بأنه مبتكر مفهوم "جايا"(*) ، حيث يشبّه المحيط الحيوى بكائن حىّ منظم لذاته) فهو يحث على تصنيف "كتيب إرشادى لإقامة الحضارة"، وينبغى توزيع نسخه توزيعا واسعا فيه الكفاية للاستيثاق من أن البعض سوف يبقون أحياء فى كل الاحتمالات تقريبا : وسوف يصف هذا الكتيب تكنيكات الزراعة ابتداء من التربية الانتخابية حتى الوراثيات الحديثة ، ويغطى التكنولوجيات الأخرى بمثل ذلك .

عندما يجعلنا أتباع "الآن على المدى الطويل" متنبهين للآفاق الزمنية الأطول، فإنهم يذكروننا بان رفاه أجيال المستقبل البعيد ينبغى ألا يتعرض للخطر بواسطة السياسات الطائشة الحالية . على أنهم ربما يبخسون من النتائج الجديدة فى نوعيتها للكمبيوترات والبيوتكنولوجيا . يعتقد المتفاعلون أن هذه النتائج سوف تؤدى إلى التحولات التى ناقشناها فى هذا الفصل ؛ بينما يتفق الواقعيون على أن هذه الأوجه من التقدم ستفتح أبواب مخاطر جديدة . التوقعات متفجرة للغاية بما يصل إلى أن البشرية قد لا تبقى حتى بما يتجاوز القرن الواحد – ناهيك عن ألفية من السنين – إلا إذا اتخذت الدول ما هو اقل خطرا وأكثر استدامة من

(*) جايا فى الأساطير الإغريقية إلهة الأرض . تستعمل الكلمة حاليا كمفهوم بان الأرض كائن حى فى المنظومة الشمسية. (المترجم)

السياسات المبنية على التكنولوجيا الحالية . على أن هذا يتطلب وضع كوابح هى مما لايمكن تنفيذه بالنسبة للاكتشافات والاختراعات الجديدة . أما التنبؤ الأكثر واقعية فهو أن استمرار المجتمع على الأرض خلال هذا القرن سوف يتعرض لتحديات فيها تهديد بالغ حتى أن مستوى الاشعاع فى نيفادا بعد آلاف السنين من الآن سيبدو أمرا تافها أقصى التفاهة . سوف يطرح لنا الفصل القادم أننا حقا كنا محظوظين عندما بقينا أحياء بلا كارثة فى السنوات الخمسين الأخيرة .

- ٣ -

ساعة يوم الحساب

هل نحن محظوظين لأننا بقينا أحياء هذا الزمن الطويل ؟

عرَضتنا الحرب الباردة لمخاطر أشد مما يمكن أن يتقبله معظمنا عن معرفة بها .

لايزال خطر الدمار النووى محوماً ، إلا أن تهديدات الأخطار النابعة من العلم الجديد هى حتى أكثر استعصاء على المعالجة .

نتجت أسوأ الكوارث ، خلال معظم تاريخ البشر ، عن القوى البيئية – الفيضانات ، والبراكين ، والأعاصير – أو عن الأوبئة . إلا أن أعظم الكوارث فى القرن العشرين هى ما أحدثه مباشرة الفعل البشرى : يطرح أحد التقديرات أنه قد حدث فى الحربين العالميتين وما ترتب عليهما أن هلك ١٨٧ مليون فرد من الحرب، أو من المذابح ، أو الاضطهاد ، أو المجاعات الناجمة عن السياسة . وربما يكون القرن العشرين هو أول قرن يزيد فيه عدد من قتلوا بالحرب والنظم الشمولية عن عدد من قتلوا بالكوارث الطبيعية . على أن هذه الكوارث التى صنعها الانسان وصلت إلى نهايتها إزاء خلفية من تحسين الرفاه الاجتماعى ، ليس فى البلاد المتميزة وحدها ، وإنما أيضا فى الكثير من بلاد العالم النامى ، حيث تضاعف تقريبا معدل العمر المتوقع عند الولادة ، وقلت نسبة من يعيشون فى فقر مدقع .

أحاق بالنصف الثانى من القرن العشرين تهديد بخطر أسوأ كثيرا من أى مما هدد نوعنا فيما سبق : تهديد حرب نووية شاملة . أمكن حتى الآن تفادى هذا التهديد، ولكنه ظل معلقا فوق رؤوسنا لما يزيد عن أربعين سنة . وقد قال الرئيس كنيدى نفسه أثناء أزمة الصواريخ الكوبية أن احتمال قيام حرب نووية كان " يتراوح عند نسبة ما من الواحد إلى الثلاثة أو مايزيد" . وقد ظلت نسبة الخطر تتضايف بالطبع لعدة عقود: وأصبح من الممكن فى أى وقت أن يتصاعد رد الفعل لاحدى الأزمات لمستوى لايمكن التحكم فيه ؛ فكان من الممكن أن تتعثر خطى القوى العظمى متجهة إلى معركة فاصلة كبرى من خلال ما يحدث من تخبط وسوء تقدير .

كانت المواجهة فى أزمة الصواريخ الكوبية فى ١٩٦٢ هى الحدث الذى جعلنا أقرب ما نكون لوقوع التبادل المتعمد لاطلاق الأسلحة النووية . وحسب المؤرخ أرثر شلزنجر الإبن ، أحد مساعدى كنيدى فى ذلك الوقت " لم تكن هذه فحسب أكثر لحظة خطرة فى الحرب الباردة ، لقد كانت أيضا أكثر لحظة خطرة فى تاريخ البشر. لم يحدث أبدا من قبل أن كانت قوتان متنافستان تحوز كل منهما القدرة التكنيكية على نسف العالم . ولحسن الحظ كان كنيدى وخروشوف من النوع الرصين من القادة القادرين على كبح جماح الانفعالات ؛ ولولا هذا ، لربما لم يكن لنا أى وجود الآن" .

كان روبرت ماكنمارا وقتها وزيرا للدفاع فى الولايات المتحدة ، مثلما كان أيضا أثناء تصاعد حرب فيتنام . وقد كتب فى وقت لاحق " حتى عندما يكون احتمال الكارثة صغيرا فأنه يظل تهديدا بخطر كبير ، وأعتقد أننا ينبغى ألا نستمر فى تقبل ذلك ... وأنا أعتقد أن هذه الأزمة كانت الأحسن علاجا من بين أى من أزمات الحرب الباردة ، ولكننا كنا على قيد شعرة من نشوب حرب نووية دون أن ندرك ذلك . إذا كنا قد تجنبنا الحرب النووية فليس الفضل فى ذلك لنا – يجب أن نكون على الأقل محظوظين بمثل ما نكون من الحكماء ... صار من

الواضح لى جداً كنتيجة لأزمة الصواريخ الكوبية أن التوليفة غير المحددة بين الانسان كخطّاء غير معصوم (وهى سمة لايمكننا أبدا التخلص منها) وبين الأسلحة النووية لهى توليفة محمّلة باحتمال كبير جداً لدمار الدول " .

تعرضنا كلنا إلى خطر هذا الرهان خلال كل عهد الحرب الباردة . إلا أنه حتى من كانوا متشائمين لم يقيّموا معدل الخطر من الحرب النووية بأنه معدل يصل فى ارتفاعه إلى نسبة خمسين فى المائة . وبالتالى ينبغى ألا نندهش بأننا نحن ومجتمعنا مازلنا باقين فى الوجود ؛ فقد كان احتمال بقائنا أرجح من احتمال فنائنا . ومع ذلك ، فان الأمر هكذا لايعنى أننا كنا معرضين للخطر بنسبة معقولة؛ ولا يعنى أى تبرير لسياسة القوى العظمى طيلة عقود عديدة : سياسة الردع النووى بالتهديد بانتقام هائل .

هل الأمر يستحق هذه المخاطرة ؟

دعنا نفترض أنك قد دُعيت إلى لعبة الروليت الروسية (برصاصة واحدة فى ساقية مسدس لها ست خانات) وقيل لك أنك إذا بقيت حيا سوف تكسب خمسين دولارا. ستكون النتيجة الأرجح (بنسبة خمسة إلى واحد فى صفك) هى أن الأمر سينتهى بك حقا وأنت أحسن حالا : ستبقى حيا ، ومعك فى جيبك خمسون دولارا إضافية . ومع ذلك فإنك لو قبلت هذا الرهان سيكون فى هذا مغامرة طائشة ، بل وحماقة شديدة ، إلا إذا كنت تعتبر حياتك حقا رخيصة كل الرخص . يجب أن يكون الربح كبيرا جدا حتى يقبل أى فرد عاقل المخاطرة بحياته باحتمالات كهذه : ربما كانت هذه المخاطرة ستغرى أفرادا كثّر لو كانت الجائزة الممكنة هى خمسة ملايين دولار بدلا من خمسين دولار لاغير . وبالمثل فإنك لو كنت مريضا بحالة مرضيّة ان لم تعالج باجراء عملية جراحية سيكون مآلها طبيا غاية فى السوء ، فإنك عندها - وعندها فقط - قد تؤثر إجراء جراحة فيها خطر للموت بنسبة واحد إلى ستة .

وإذن هل كان الأمر جديرا بأن نعرض أنفسنا لتلك المخاطر التى تعـرض لها العالم كله أثناء الحرب الباردة ؟ من الواضح أن الاجابة تعتمد علـى مـدى الاحتمال الفعلى لوقوع الحرب النووية ، وهذا أمر لن نتمكن من أن نفعل حياله ما هو أفضل من أن نتقبل آراء الرسميين مثل ماكنمارا ، الذى يبدو أنه يقدر هذا الاحتمال بأنه أكبر بما له قدره من نسبة واحد إلى ستة . على أن الاجابة تعتمـد أيضا على تقديرنا لما كان يمكن أن يحدث بدون الرد النووى : إلـى أى مـدى يرجح أن يتوسع الاتحاد السوفيتى ، وهل سنفضل حسب كلمات الشعار القديم "أن نكون حمرا بدلا من أن نكون أمواتا " . سيكون مما يثير الاهتمـام أن نعـرف ماهى نسبة الخطر التى كان القواد الآخرون أثناء هذه الفترة يعتقدون بالفعل أنهم يعرضوننا لها ، وما هى نسبة الخطر التى كان يمكن أن يتقبلها معظم المواطنين لو أنهم كانوا فى موقف يعطون فيه رأيا متنورا . أنا شخصيا لم أكـن لأختـار احتمال خطر من واحد إلى ستة للتعرض لكارثة ستقتل مئات الملايين وتمـزق بددا المكونات الفيزيقية لكل مدننا ، حتى لو كان بديل ذلك هو احتلال سـوفييتى أكيد لغرب أوروبا . وبالطبع فان النتائج المدمرة للحرب النووية كانت ستنتشر لأقطار تتجاوز كثيرا تلك التى كانت تدرك أنها تدافع عن نفسـها ضـد تهديـد حقيقى، ووافقت حكوماتها ضمنا على قبول هذه المقامرة : ذلك أن معظم بـلاد العالم الثالث المستهدفةِ من قبل للكوارث الطبيعية كانت سيفرض عليها أيضا هذا الخطر الأعظم .

سباق تسلح وقوده العلم

تأسست مجلة "ذا بولتين أوف أتوميك سيانتيستس " (نشرة علماء الذرة) عند نهاية الحرب العالمية الثانية على يد مجموعة من الفيزيـائيين ، مقـرهم فـى شيكاغو، وأكثرهم ممن عملوا فى لوس ألاموس فى "مشروع مانهـاتن" حيـث عملوا فى تصميم وبناء القنابل الذرية التى أسقطت على هيروشيما وناجازاكى . ومازالت هذه المجلة لها ازدهارها وتأثيرها ، مع تركيزها علـى الـتحكم فـى

الأسلحة والسياسة النووية . و "الرمز المميز" على غلاف كل إصدار هو ساعة، يدل مدى اقتراب عقربيها من توقيت منتصف الليل إلى المدى الذى يحف الخطر به بموقف العالم – أو أن هذا هو ما تعتقده لجنة محررى "النشرة" . هكذا نرى كل سنوات قليلة (وأحيانا بمعدل اسرع) أن عقرب الدقائق يُزاح ، إما أماما أو خلفا . وإجراء هذه التعديلات فى ضبط الساعة أمر امتد به الزمن منذ ١٩٤٧ حتى يومنا الحالى وذلك فى متابعة للأزمات المتعاقبة فى العلاقات الدولية : والساعة حاليا اقرب " لمنتصف الليل " مما كانت عليه خلال كل سبعينيات القرن العشرين .

والواقع أن العهد الذى دلت فيه الساعة على أقصى احتمال للخطر كان فى خمسينيات القرن العشرين : فكانت الساعة خلال هذه الفترة كلها تبين توقيتا يقل عن منتصف الليل بدقيقتين أو ثلاث . ويبدو عند التبصر فى الماضى أن هذا كان حكما صائبا . فقد توصل كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتى إلى القنبلة الهيدروجينية خلال ذلك العقد ، ويضاف لذلك أيضا توصلهما إلى أعداد أكبر من الأسلحة الذرية (الانشطارية) . وسنجد بالتبصر فى الماضى أن أوروبا كانت محظوظة بأن أفلتت من الدمار النووى فى الخمسينيات . كان هناك مناورات يجرى تنفيذها على مستوى الكتيبة تسمى معارك الهجوم بالأسلحة النووية (أطلق على إحداها "حلية دافى" ؛ وكانت الاجراءات الوقائية أقل تعقدا مما أصبحت عليه مؤخرا ، فكان هناك خطر حقيقى من أن تنشب حرب نووية نتيجة خطأ فى التقدير أو خطأ من إهمال ؛ وهذه الحرب ما إن يُقدح زنادها حتى يمكن أن تتصاعد تصاعدا لايمكن التحكم فيه . وبدا أن الفتيل لإشعال العالم قد صار حتى أقصر عندما عُززت قاذفات القنابل بصواريخ باليستية أسرع كثيرا تستطيع أن تجتاز المحيط الأطلسى خلال نصف الساعة ، بما لا يتيح للجانب الآخر سوى دقائق معدودة لاتخاذ الخيار المصيرى لرد الاعتداء بكثافة قبل تدمير ترسانته .

أعقب أزمة الصواريخ الكوبية أن ارتفعت أهمية الخطر النووى لأعلى فى الأجندة السياسية : واصبح هناك قوة دفع أعظم تجـاه معاهـدات الـتحكم فـى الأسلحة، بدأت بحظر على اجراء إختبارات ذرية فى الجو ، وُقـع عليـه فـى ١٩٦٣ . على أنه لم يحدث تناقص فى السباق لتصميم أسلحة أكثر "تقدما" . وقال ماكنمارا ملاحظا أن "كل ابتكار تكنيكى فى سباق التسلح قد بـدأ بالفعـل مـن الولايات المتحدة . إلا أنه سرعان ما كان الجانب الآخر يصل إلى مضـاهاته" . وتتمثل هذه المتلازمة فى التطور الرئيسى الذى حدث فى أواخر ستينيات القرن العشرين . فقد اخترع المهندسون وقتها طريقة لحمل رؤوس قذائف متعددة فوق صاروخ واحد ، ولتصويبها مستقلة لأهداف مختلفة وأطلق على هـذا السـلاح مخصورة ميرفنج "MIRVING" (وهى مخصورة من الحروف الأولى للكلمات الانجليزية التى تعنى " مركبة معاودة الدخول لأهداف عديدة مستقلة") ، وهـو سلاح كان يحلم به تكنولوجيو الولايات المتحدة ثم تم تنفيذه فـى الوقـت نفسـه بواسطتهم وكذلك بواسطة نظـرائهم السـوفييت . والنتيجـة النهائيـة لـذلك ، ولابتكارات أخرى ، هى أن صار كلا الجانبين أقل أمنا . وأخذ كل منهما يضع ترتيبا "لأسوأ الحالات" مما قد يصنعه الآخر ، مع تهويل للخطر ، وتهويل لرد الفعل .

ثم تم ابتكار آخر – قذائف صاروخية مضادة للصـواريخ لحمايـة المـدن والمواقع الاستراتيجية ضد رؤوس القذائف القادمة للهجوم – وقد كُـبح عنانهـا باتمام صفقة بين القوى العظمى ، وذلك فى معاهدة القذائف المضادة للصواريخ الباليستية . ساعد العلماء على عقد هذا الاتفاق بما دار بينهم من نقـاش خلـف الكواليس تناولوا فيه أن أى دفاع سوف يؤدى إلى عدم استقرار "توازن الرعب" ويؤدى إلى إجراءات مضادة تبطل هذا التوازن.

أقتربت ساعة " النشرة " مرة ثانية من منتصف الليل فى أوائل ثمانينيـات القرن العشرين . وفى ذلك الوقت تم إدخال أسلحة نووية جديدة متوسطة المـدى

فى المملكة المتحدة وألمانيا ، وذلك بزعم أنها ستزيد من مصداقية التهديد بالأنتقام الغربى من أى هجوم سوفييتى على أوروبا الغربية. بقيت القضايا الرئيسية وقتها تدور حول طريقة التقليل من نسبة الخطر الماثل دائما بأن يحدث تصاعد إلى حرب نووية كارثية ، سواء بسبب خلل وظيفى ، أو سوء تقدير ، أو استراتيجية متعمدة . ربما تكون نسبة الخطر فيما يتعلق بالسنة الواحدة نسبة صغيرة ، إلا أن الاحتمالات كانت ستتضاعف إذا لم تتغير الأحوال.

أصبح المخزون النووى فى ثمانينيات القرن العشرين يساوى عشرة أطنان من مادة ت ن ت(*) لكل فرد فى روسيا ، وأوروبا ، وأمريكا . بادر كارل ساجان هو وآخرون بإجراء نقاش حول ما إذا كان تبادل القذائف النووية على نطاق شامل سيؤدى إلى قدح زناد شتاء نووى : فتحجب الشمس عن العالم كله ، مع ما يترتب على ذلك من نتائج تتضمن الانقراض الشامل ، وتماثل النتائج التى يقدح زنادها الاصطدام بكويكب عملاق أو مذنب . ويكون أفضل تخمين فى النهاية هو أنه حتى لو تفجر عشرة آلاف ميجاتون فإن هذا لن يسبب إظلاما طويلا على نطاق العالم كله ، وإن كان لايزال ثمة أوجه من عدم اليقين فى صياغة هذا النموذج (خاصة فيما يتعلق بالمدى الذى سيرتفع له الحطام فى الستراتوسفير ، ومدى الزمن الذى سيبقى به الحطام هناك) . على أن سيناريو " الشتاء النووى" أثار التوقع المزعج بأن ضحايا الحرب النووية الرئيسيين سيكونوا سكان جنوب آسيا ، وأفريقيا ، وأمريكا اللاتينية، وأغلبهم ليسوا من أطراف القتال فى الحرب الباردة .

كان هذا زمن مبادرة الدفاع الاستراتيجى - " حرب النجوم " - والتى أدت لإعادة النقاش حول قضية معاهدة القذائف المضادة للصواريخ "الباليستية". وبدا

(*) ت ن ت مخصورة مادة ثالث نترات التولوين الشديدة الانفجار ، وتستخدم كمياتها كوحدات قياس للمتفجرات. (المترجم) .

أن من المستحيل تكنيكيا إنشاء "درع" دفاعى فعال بما يكفى للتوصل إلى الهدف المعلن للرئيس ريجان بأن يجعل الأسلحة النووية أسلحة "عقيمة قد راح زمنها" ؛ هناك إجراءات مضادة دائما تعطى ميزة للهجوم. أصبحت هذه المعاهدة مرة أخرى موضع تهديد الولايات المتحدة لأنها تعوق انشاء منظومة للدفاع المضاد للصواريخ فى مواجهة ضد ما يفترض من اطلاق قذائف صاروخية من "الدول المارقة" . اهم اعتراض على هذا النوع من المنظومة الدفاعية هو أنه حتى لو نجح التوصل لها مع فداحة ما يبذل فيها من تكلفة وجهد ، فإنها ستفشل فى مجابهة أهم تهديد نووى أساسى من "الدول المارقة" ، وهو التكنولوجيا المتدنية لإيصال إحدى القنابل بسفينة أو بسيارة نقل . سيكون إبطال معاهدة القذائف المضادة للصواريخ الباليستية أمرا يؤسف له أيضا لأنه سيفتح الطريق لنشر " التسلح " فى الفضاء. الأسلحة المضادة للأقمار الصناعية هى أسلحة يمكن تماما تنفيذها وسيكون من السهل نسبيا انشاؤها . وعندما نقارنها بتحدى اطلاق سلاح يتصدى لقذيفة صاروخية واردة، سنجد أن وجود الهدف هنا فى مدار يستمر زمنا طويلا ويمكن التنبؤ به سيجعل هذه الأقمار كأنها " بطه قعيدة " : من السهل تصويب ضربة قاضية للأقمار الصناعية المخصصة للإتصالات ، والملاحة ، والتجسس . وثمة خطر آخر من أنه قد تتعرض إحدى "الدول المارقة" للإغراء بأن تبطل مفعول الدفاعات المضادة للقذائف الصاروخية التى تُبنَى على الأقمار الصناعية ، وذلك بأن تلوث الفضاء بحطام يدور فيه ، وهى خطة خداع ذكية تحقق إحباطا لأى استخدام للفضاء بواسطة أقمار صناعية ذات مدار منخفض .

عمل سولى زوكرومان زمنا طويلا كمستشار لحكومة المملكة المتحدة، وصار (بعد تقاعده) فصيحا مثل روبرت ماكنمارا فى شجب ما حدث من سخافات خطرة فى سلسلة الأحداث التى أدت إلى استفحال المخزون النووى لدى الولايات المتحدة والسوفييت إلى ذلك المستوى المضحك من "فرط القتل" . وحسب ما يقوله زوكرمان فإن " السمة اللامعقولة للعملية كلها (كانت) فى حقيقة

أن الأفكار التى تدور عن منظومة أسلحة جديدة كان مصدرها فى المقام الأول ، ليس من العسكريين ، وإنما من مجموعات مختلفة من العلماء والتكنولوجيين ... أخذ التكنولوجيون يشكلون مستقبلا جديدا بما فيه من أمور مزعجة ، ولم يكن ذلك بسبب انشغالهم بالوصول بصورة لرؤيا عن الطريقة التى ينبغى أن يتطور بها العالم ، ولكن بسبب أنهم فحسب يؤدون ما رأوا أنه مهمة عملهم ... وأساسا لاشك فى أن القوة الدافعة لسباق التسلح يغذيها بالوقود التكنولوجيون العاملون فى مختبرات الحكومة ، وفى الصناعات التى تنتج الأسلحة " .

عندما يرتفع مستوى مهارات العاملين فى مختبرات الأسلحة فوق مستوى الكفاءة الروتينية ، أو عندما يبدى هؤلاء العاملين أى ابداع أصيل ، فإنهم يضيفون اسهاماتهم الصغيرة إلى هذه النزعة التهديدية . وفى رأى زوكرمان أن علماء الأسلحة " قد صاروا الخيميائيين(*) لعصرنا الحالى ، فهم يعملون فى السر بطرائق لايمكن افشاؤها ، مطلقين لعناتهم السحرية التى تحيط بنا جميعا . ومن المحتم أنهم لم يحضروا قط أى معركة ، وأنهم لم يخبروا قط دمار الحرب ؛ ولكنهم يعرفون الطريقة لاختراع وسائل الدمار " .

كتب زوكرمان هذا فى ثمانينيات القرن العشرين . وكان من الممكن أن يؤدى المزيد من المبتكرات إلى أن يزيد تدريجيا سباق الأسلحة النووية ليصل الآن إلى ما هو أبعد بمراحل عديدة ، لولا أن جدول العمل قد تغير تغيرا مطلقا . فبعد نهاية الحرب الباردة لم يعد التهديد بتبادل اطلاق الاسلحة النووية على نحو ضخم تهديدا يحوم وشيكا من فوقنا (وإن كانت آلاف القذائف الصاروخية مازالت محشودة فى الولايات المتحدة وروسيا) . وهكذا فإنه فى أوائل التسعينيات أُخرت ساعة "النشرة" إلى الدقيقة السابعة عشرة قبل منتصف الليل . ولكنها أخذت من وقتها تزحف ثانية متقدمة : وصارت فى ٢٠٠٢ عند الدقيقة السابعة

(*) الخيمياء : الكيمياء القديمة التى تهدف لتحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب أو صنع أكسير الحياة.(المترجم)

قبل منتصف الليل . نحن مواجهون الآن بانتشار للأسلحة النووية (فـي الهنـد وباكستان مثلا) ، وبما هو جديد مذهل من المخاطر وأوجه عدم اليقين . وربما لا تهددنا هذه بكارثة مفاجئة على نطاق عالمى – ساعة يوم الحساب ليست هنـا بالاستعارة الجيدة – ولكنها فى إجمالها ليست بالأقل إزعاجا وتحديا . يبـدو أن هناك شيئا يكاد يكون مريحا ، على الأقل عند التبصر فى الماضى ، بالنسبة لتلك السياسات المشلولة ، وإن كانت نسبيا مما يمكن التنبؤ به ، والتى تتعلق " بعهد الركود " عند ليونيد بريجنيف وتتعلق بتنافس القوى العظمى .

تواصل وجود المخزون النووى خلال كل تسعينيات القرن العشرين ، كمـا أنه فى الواقع لايزال موجودا للآن . وهناك ترحيب باتفاقات التحكم فى الأسلحة للإقلال من عدد ما ينشر من أسلحة نووية ، ولكنها تطرح مشكلة أن علينـا أن نعالج ونتخلص من عشرين إلى ثلاثين ألف قنبلة وقذيفة صاروخية مازالت قابعة هنا وهناك . وتتطلب المعاهدات تفكيك معظم هذه الـرؤوس الحربيـة . ومـن الممكن كإجراء فورى أن توضع فى حالة أقل من التأهب أو الإنـذار ؛ ومـن الممكن إلغاء برامج التوجيه للأهداف ؛ ومن الممكن نزع الرؤوس الحربية عـن القذائف الصاروخية وخزنها منفصلة . ومن الواضح أن هذا يجعل لكل الأمـور وضعا حيث يكون فتيل الاشعال أكثر طولا ، وبحيث تقل الحاجة لوجود القـدرة البشرية والخبرة من أجل الحفاظ بأمان على الترسـانة . إلا أن الأمـر هكـذا سيستغرق زمنا أطول كثيرا – وسيكون كذلك فى حد ذاته تحديا تكنيكيا أساسيا – حتى نصل فى النهاية إلى التخلص من كل تلك الأسلحة ، و إلى التخلص بأمـان مما تحويه من يورانيوم وبلوتونيوم . ويمكننا بالنسبة لليورانيوم ٢٣٥ المخصب بدرجة عاليه أن نجعله أقل خطرا ، وإن ظل من الممكن استخدامه فى المفاعلات النووية السلمية ، وذلك بأن يخلط هذا اليورانيوم مع يورانيـوم ٢٣٨ . وافقـت الولايات المتحدة فى ١٩٩٣ على ان تشترى من روسيا على مدى فتـرة مـن عشرين سنة ما يصل إلى خمسمائة طن من اليورانيوم من الصـنف المسـتخدم

سابقا فى الأسلحة وهو فى هذا الشكل المخفف . أما التخلص من البلوتونيوم فيتم على نحو أقل مباشرة . يمانع الروس فى أن ينظروا لهذه المادة التـى تُكتسـب بصعوبة على أنها "نفاية": وعلى كل فإن محطات القوى النووية الموجـودة الآن لاَ تستخدم ذلك النوع من المفاعلات المولّدة التى تستطيع ان تحرق البلوتونيـوم مباشرة . وأفضل الاختيارات هى دفنه أو جعله غير صالح لإعادة استعماله فى السلاح بأن يُمزج مع نفاية مشعة أو بأن يحرق جزئيا فى مفاعل نووى . وحسب ما يقوله رتشارد جاروين وجورج تشارباك ، " يبلغ إجمالى فائض هذه المادة فى روسيا ما يكفى لأن يزود مقدار يقرب من ١٠٠٠٠ قطعة من أسلحة البلوتونيوم و ٦٠٠٠٠ قطعة من أسلحة التفجير الداخلى لليورانيوم . ان تأمين هذه المـادة لهو حقا مهمة رهيبة ".

إلى أن يتم انجاز هذا التخلص من النفاية ، يجب الحفاظ علـى اجـراءات الأمان وتنفيذ ابتكارات موثوق بها بالنسبة لكل الأسلحة الموجودة فيما كان يسمى سابقا بالاتحاد السوفييتى : وإلا فإن هذه الأسلحة قد تضل طريقها بعيدا بأعـداد أكبر كثيرا من كل المخزون عند القوى النووية "الصغرى" . والواقع أنه يوجـد قلق حقيقى من أنه ربما حدث أثناء اضطرابات فترة الانتقال فى أوائل تسعينيات القرن العشرين أن توصلت بالفعل بعض الجماعات الإرهابية أو الثوريـة إلـى سرقة أسلحة من هذا النوع، وإن كان لايوجد أى برهان قوى على ذلك .

لايزال مما يتجاوز كثيرا موارد الجماعات المنشقة أنها يحتمـل أن تنشـئ صاروخا بعيد المدى يحمل رأسا حربية مدمجة . على أنه حتى هذا التوقع قـد زاد احتماله ولايمكن أن نصرف النظر عنه . وكمثل ، فمع ما يحدث الآن مـن إتاحة وصول إشارات الأقمار الصناعية لتحديد الموقع كوكبيا إلى أى فرد ، فإنه يمكن توجيه قذيفة صاروخية من النوع المحمول بحرا بواسطة أجهـزة متاحـة تجاريا. وسيكون أى صاروخ له مسار يبقى محاذيا للأرض أصعب فى متابعته والتعرض له من أى قذيفة باليستية . هناك تكنيكات أقل بكثيـر فيمـا تتطلبـه

تكنولوجيا ، وتستطيع أيضا تفادى الدفاعات المضادة للصواريخ ، ويتضمن ذلك تفجير سلاح منقول فى سيارة شاحنة أو سفينة ، وإنشاء جهاز متفجر بدائى ، باستخدام يوارنيوم مخصب مسروق ، ويتم تجميع ذلك فى شقة فى إحدى المدن . وبخلاف القنبلة التى يطلقها صاروخ ، فإن هذا الجهاز البدائى لن يترك أثرا يدل على مصدره .

الاجراءات المضادة لنشر الأسلحة .

هناك جانب واحد على الأقل يمكن أن يزيد فيه كثيرا سوء المشهد النووى . حدث تزايد فى عدد القوى النووية ، وإن لم يكن ذلك بالسرعة التى تنبأ بها الكثير من العلماء . ربما يكون العدد قد وصل إلى العشرة ، إذا حسبنا من لا يعلنون انتاجهم النووى مثل اسرائيل ؛ على أنه يوجد على الأقل عشرون بلد فى إمكانهم لو شاؤا اجتياز العتبة التكنيكية ولكنهم بدلا من ذلك قد تحاشوا القيام بأى دور نووى : مثل اليابان وألمانيا والبرازيل . أنشأت جنوب أفريقيا ستة أسلحة نووية ولكنها الآن قد فككتها .

بدأت " معاهدة عدم الأنتشار " فى ١٩٦٧ ، ووقتها وضعت المعاهدة فى الاعتبار الوضع الخاص للقوى الخمس التى تحوز من قبل أسلحة نووية ، أى الولايات المتحدة ، والمملكة المتحدة ، وفرنسا ، وروسيا ، والصين . وحتى يُجعل هذا "التمييز" أقل كراهية بالنسبة للدول الأخرى ، ذكرت المعاهدة أنه ينبغى على هذه القوى النووية أن تتابع المفاوضات بنية حسنة حول الاجراءات الفعالة بشأن إيقاف سباق التسلح ... ووقف الاستمرار فى كل التفجيرات الاختبارية للأسلحة النووية طول الوقت ".

سيكون لمعاهدة منع الانتشار فرصة أفضل فى مسارها لو أن هذه الدول الخمس نفذت جانبها من الصفقة ، وخفضت ترساناتها الخاصة تخفيضا أكثر جذرية. حسب المعاهدات الحالية ، سيستغرق الأمر عشر سنوات حتى ينخفض

ما تنشره الولايات المتحدة ولو حتى إلى ألفى رأس قذيفة ؛ وبالاضافة ، فإن الرؤوس غير المستخدمة لن يتم تدميرها تدميرا لا عكوسيا وإنما ستوضع فحسب في المخازن. لم تتحرك القوى النووية أيضا إلا متثاقلة بشأن الحظر الشامل للاختبارات ، الذى سيكبح انشاء أسلحة أكثر تعقيدا . رفضت الولايات المتحدة التصديق على هذه المعاهدة . وأحيانا يزعم أن هناك حاجة للاختبارات للتيقن من أن الأسلحة المخزونة احتياطيا مازال يمكن "الوثوق بها" – وبكلمات أخرى أنها سوف تنطلق عندما يفترض لها أن تفعل ذلك . ويتواصل النقاش حول درجة هذه الوثوقية التى يمكن أن يكفى لتأكيدها إجراء اختبار للمكونات وهى منفصلة ، كأن يكون ذلك مثلا بمحاكيات الكمبيوتر . وعلى أى حال مازال من غير الواضح ما تكونه أهمية هذا التأكيد إلا بالنسبة لدولة معتدية تخطط لضربة أولى : تظل القذيفة الصاروخية النووية رادعا حتى لو كان هناك فقط فرصة من خمسين فى المائة بأن شحنتها سوف تتفجر . ومما يزعم أيضا أن هناك حاجة للاختبارات للاستيثاق من أن الأسلحة " آمنة " – بمعنى أنها لن تتفجر أو تطلق اشعاعا خطرا إذا حدث عرضا أى خطأ فى تداولها . وهناك حجة أخرى ضد الحظر الشامل للاختبارات وهى أنه لايمكن التحقق على نحو واف من الاذعان لهذا الحظر. وإذا كانت الاختبارات التى تجرى تحت الأرض بما يزيد عن عدد قليل من وحدات الكيلو طن لها بصمة سيزمية(*) واضحة ، إلا أن الاختبارات التى تقل عن كيلو طن واحد قد تتوارى مغمورة بالعدد الكبير الذى يقع من الزلازل الصغيرة ، كما يمكن إخماد صداها إذا أجريت فى كهوف كبيرة وهناك جدل حول عدد المحطات السيزمية اللازمة للتحقق من التفجرات ، وحول الطريقة التى يمكن بها دعم البراهين السيزمية بواسطة المخابرات ، أو بواسطة المراقبة بالأقمار الصناعية . ويحاج تقرير للأكاديمية القومية للعلوم فى الولايات المتحدة بأن إجراء اختبارات لايمكن الكشف عنها أمر غير معقول ،

(*) السيزمية : الزلزلة ، سواء زلزلة طبيعية أو صناعية بالتفجرات . (المترجم) .

وأنه لا ضرورة لإجراء اختبارات للمحافظة على ما يوجد من المخزون ، وإنما هناك ضرورة فقط لإنشاء أسلحة جديدة "ارقى" .

لو فرض حظر شامل على الاختبارات فإنه فى حد ذاته لن يكون كافيا لوقف انتشار الأسلحة ، لأن من الممكن بطريقة موثوق بها انتاج أول جيل من القنبلة الانشطارية دون أى اختبار . إلا أن الحظر سيمنع القوى النووية الموجودة حاليا (وخاصة الولايات المتحدة) من إنشاء أنواع جديدة من القنابل، وبالتالى فإنه يحسّن المناخ لمعاهدة عدم الانتشار ، التى تفرض على كل القوى النووية أن تقلل ترساناتها. وسنجد أن ما هو أكثر حسما فى مقاومة الانتشار هو أن نوسع من دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية فى متابعة أى أثر للمواد النووية الجديدة ، وإجراء عمليات تفتيش داخل المواقع . وهذه بالطبع هى القضية التى قدحت زناد أزمة العراق(*) .

على أن أهم عامل حاسم هو ما إذا كانت الدول سترى أن هناك حافزا للانضمام إلى النادى النووى . فى وسع القوى النووية الموجودة حاليا أن تساعد فى الأمر بأن تقلل من أهمية دور السلاح النووى فى أوضاعها الدفاعية . صدرت مؤخرا تصريحات من الولايات المتحدة ، بل ومن المملكة المتحدة ، عن إمكان استخدام أسلحة نووية ذات إشعاع منخفض لمهاجمة المخابئ تحت الأرض، وهى تصريحات تُعد فى هذا الصدد خطوة حقيقية للوراء . يؤدى اعلان تصريحات من هذا النوع إلى أن تصبح حدود الاستخدام النووى غير واضحة ، و إلى أن تجعل استخدام الأسلحة النووية أمرا أكثر قابلية للتفكير فيه ؛ وهى تزيد من حافز البلاد الأخرى للحصول على قنابل خاصة بها ، وهذا حافز يزداد قوة بالفعل لأنه لا يوجد فيما يبدو أى طريقة أخرى تردع أو تقاوم الضغط غير المرحب به من الولايات المتحدة ، التى لها مزايا ساحقة فى الأسلحة

(*) المؤلف هنا يساير مزاعم الحكومة الأمريكية ، فى حين أن القضية الحقيقية لأزمة العراق هى التحكم فى البترول. (المترجم)

التقليدية "الذكية" بحيث أنها كقوة عظمى تستطيع أن تفرض إرادتها على الدول الأخرى بأدنى تكلفة بشرية بالنسبة لها .

العلماء المنشغلون بالمشكلة

لم يكن علماء شيكاغو الذريون هم العلماء الوحيدين الذين حاولوا من خارج الحكومة التأثير فى الجدل السياسى حول التهديد النووى بعد الحرب العالمية الثانية. فقد اجرت مجموعة أخرى سلسلة من المؤتمرات اتخذت اسما لها من قرية بوجواش فى نوفاسكوتيا حيث عقد أول مؤتمر منها تحت رعاية مليونير كندى مولود هناك، وهو سيروس إيتون . أتى المساهمون فى مؤتمرات بوجواش الأولى من الاتحاد السوفييتى مثلما أتوا من الغرب ، وكانوا عموما من النشطاء فى الحرب العالمية الثانية ؛ وكانوا ممن عملوا فى مشروعات القنبلة ، أو الرادار، وظلوا محتفظين من وقتها بانشغالهم المتتور بالأمر . وقد وفرت مؤتمرات بوجواش اتصالا غير رسمى له أهميته بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتى ، خاصة فى ستينيات وسبعينيات القرن العشرين عندما لم يكن هناك إلا القليل من قنوات الاتصال الرسمية.

لايزال باقيا على قيد الحياة بعض أفراد رائعين من هذا الجيل . واكبرهم سنا هو هانز بيث ، المولود فى ١٩٠٦ فى استراسبورج ، بمقاطعة الألزاس - اللورين. وصل بيث بالفعل فى ثلاثينيات القرن العشرين إلى مكانة بارزة كعالم فيزياء نووية. وهاجر من ألمانيا إلى منصب أكاديمى فى الولايات المتحدة وصار أثناء الحرب العالمية الثانية رئيسا للقسم النظرى فى لوس آلاموس . ثم عاد فيما بعد إلى جامعة كورنيل ، حيث واصل ، حتى فى أثناء القرن الجديد ، ممارسة نشاطه فى الترويج للتحكم فى الأسلحة ، وواصله كذلك فى متابعة إجراء البحث العلمى (آخر اهتماماته الرئيسية هى بشأن نظرية تفجر النجوم والسوبرنوفات)(*). يجب أن نضع بيث فى مرتبة العالم الفيزيائى الأكثر احتراما

(*) السوبونوفا أو المتوهجات ، مرحلة فى احتضار النجوم عند نهاية وقودها الذرى حيث تتوهج بقايا النجم المحتضر فى ضوء شديد السطوع. (المترجم)

على نحو عالمى بين كل الفيزيائيين الأحياء ، وليس تمجيده هكذا من أجل علمه وحده ، وإنما من أجل انشغاله الدائم وانهماكه فى دلالات هذا العلم . ولعل بيث يتفرد بين العلماء بأنه ظل ينشر أبحاثا راقية لأكثر من خمسة وسبعين عاما . وقد زاد موقفه عنفا ضد البحوث العسكرية فى ١٩٩٩ ، وحث العلماء على " التوقف والكف عن الأبحاث التى تخترع ، وتطور ، وتحسن ، وتصنع أسلحة نووية وغيرها من الأسلحة التى يمكن أن تؤدى إلى دمار شامل " وذلك على أساس أن هذه الأبحاث تزود سباق التسلح بالوقود .

هناك محارب قديم آخر من لوس ألاموس تشرفت بمعرفته ، وهو جوزيف روتبلات. وهو أصغر بعامين من بيث ، وعانى فى طفولته ببولندا من ويلات الحرب العالمية الأولى ، وبدأ مهنته كباحث علمى فى بلد موطنه. ثم ذهب إلى انجلترا كلاجئ فى ١٩٣٩ ليعمل مع الفيزيائى النووى المرموق جيمس شادويك فى ليفربول؛ ولم تتمكن زوجته قط من اللحاق به ، وهلكت فى معسكر للاعتقال. انضم جون إلى مشروع مانهاتن فى لوس ألاموس كأحد أفراد الفريق البريطانى الصغير. ولكنه اختار ترك العمل قبل أوان انتهائه ، عندما صار واضحا أن هزيمة ألمانيا وشيكة ، لأن مشروع القنبلة فى رأيه لايمكن تبريره إلا كإجراء مضاد لإمكان توصل هتلر لسلاح نووى . والحقيقة أنه يتذكر كيف خاب أمله عندما سمع الجنرال جروفز رئيس المشروع وهو يقول فى وقت مبكر يرجع إلى مارس ١٩٤٤ أن الهدف الرئيسى من القنبلة هو " إخضاع الروس " .

عاد روتبلات إلى انجلترا حيث أصبح أستاذا للفيزياء الطبية ، وأخذ يجرى أبحاثا رائدة حول تأثيرات التعرض للإشعاع . وشجع برتراند راسل فى ١٩٥٥ على إعداد بيان يؤكد الحاجة الملحة للإقلال من الخطر النووى . وكان من آخر ما فعله أينشتين هو أنه وافق على المشاركة فى التوقيع . نادى موقعو هذا البيان البليغ بأنهم "يتحدثون فى هذه المناسبة ليس كأفراد ينتمون إلى هذه أو تلك من الدول ، أو القارات، أو العقائد ، وإنما كأفراد من البشر ينتمون لنوع " الانسان "،

وأصبح استمرار بقائهم أمرا مشكوكا فيه " ، وقد أدى هذا البيان إلى بدء مؤتمرات بوجواش فى ١٩٥٧ ؛ وأصبح روتبلات من وقتها "المحرك الأول" لها ومصدر الهامها الذى لايكل . وعندما أقرت جائزة نوبل للسلام فى ١٩٩٥ بانجازات هذه المؤتمرات كان من المناسب أن يذهب نصف الجائزة إلى منظمة بوجواش والنصف إلى روتبلات شخصيا . يبلغ روتبلات (الآن) ٩٤ سنة ، ومازال يتابع بديناميه رجل فى نصف عمره حملته التى لا تهدأ لتخليص العالم كلية من الأسلحة النووية . وكثيرا ما يُسخر من ذلك باعتبار أنه هدف غير واقعى ، لايعتنقه إلا أفراد مجموعات هامشية وأفراد مثاليون من نوع صوفى غير مفكر . وروتبلات وان ظل مثاليا ، إلا أنه ليست لديه أى أوهام حول الفجوة بين الأمل والتوقع ، كما ان قضيته تزداد دعما .

"عندما يُفترض أن الأسلحة النووية يمكن الاحتفاظ بها أبديا ولا تستخدم قط – صدفة أو بقرار – يكون هذا فرضا يتحدى أى مصداقية" . هذا التصريح الحازم أتى فى تقرير فى ١٩٩٧ أصدرته مجموعة دولية دعتها الحكومة الأسترالية وعرفت بأنها "مفوضية كانبيرا" . ولم يقتصر أفرادها على ان يكون منهم روتبلات وانما تضمنوا أيضا ميشيل روكار رئيس وزراء فرنسا سابقا ؛ وروبرت ماكنمارا ؛ وجنرالات متقاعدين من القوات البرية والجوية . لاحظت المفوضية أن الفائدة العسكرية الوحيدة للأسلحة النووية هى ردع استعمالها بواسطة الآخرين ، ووضعت المفوضية اقتراحات للتحرك خطوة فخطوة بطريقة سياسية راسخة للوصول إلى عالم خال من الأسلحة النووية .

عندما نتبصر فى الماضى نجد أن أولئك العلماء الذين انتُزعوا من المعامل الاكاديمية الهادئة لينضموا إلى مشروع مانهاتن كانوا ينتمون إلى "الجيل الذهبى" من الفيزيائيين : وكثيرون منهم لهم دور محورى فى إرساء نظرتنا الحديثة عن الذرات والنوى . وكانوا واعين إلى أن القدر قد زرعهم فى أحداث فترة مهمة .

وقد عاد معظمهم إلى العمل الأكاديمى فى الجامعات، ولكـنهم حـافظوا طـول حياتهم على انشغالهم بالأسلحة النووية . وجميعهم يشاركون فى ذلك مشـاركة عميقة ولكن بطرائق متفرقة ، ويتمثل ذلك فيما يوجد من مفارقة عنـد مقارنـة الوظائف المهنية التى شغلها فيما بعد الحرب شخصيتان من أكبـر الشخصـيات المرموقة وهما ، ج. روبرت أوبنهيمر وادوارد بتلر . (أشهر نظير سـوفييتى لهذين الأمريكيين هو أندريه ساخاروف ، الذى ينتمى إلى جيل أصـغر هونـا ، وشارك فيما حدث بعد الحرب من انشاء للقنبلة الهيدروجينية) .

يشكل علماء الذرة فى شيكاغو ، هم ورواد حركة بوجـواش مـثلا يثيـر الاعجاب بالنسبة للباحثين فى أى فرع من العلم له تأثير اجتماعى خطير . وهم لم يقولوا أنهم "مجرد علماء" وأن طريقة استخدام ابحاثهم ترجع إلى الساسـة . وانما اتخذوا لأنفسهم الخط بأن هناك واجبا على العلماء بأن ينبهوا الجماهير إلى دلالات أبحاثهم ، كما ينبغى عليهم أن يظلوا منشغلين بالطريقة التى يجرى بهـا تطبيق أفكارهم . نحن نحس بأن هناك شيئا ما منقوصا فى الوالـدين الـذين لا ينشغلون بما سيحدث لاطفالهم عند بلوغهم ، حتى وإن كانت هذه المرحلة عموما خارج نطاق تحكمهم . والعلماء بالمثل ينبغى ألا يكونوا غير مبالين فيما يتعلـق بثمار أبحاثهم : فينبغى أن يرحبوا بالنواتج الحميدة ، بل وأن يحاولوا رعايتها ، وأن يقاوموا بقدر ما يمكنهم التطبيقات الخطرة أو التى تحمل تهديدا .

سنجد أن المآزق والتهديدات فى القرن الحالى سوف تأتى من البيولوجيـا ، وعلم الكمبيوتر ، مثلما تأتينا من الفيزياء وستكون هناك حاجة ملحة فى كل هذه المجالات لأن يوجد نظراء عصريون لبيث وروتبلات . هناك التزام خاص بهذا الصدد على علماء الجامعات ومتعهدى المشاريع المستقلين لأن هـؤلاء لـديهم حرية أكثر مما عند العاملين كموظفين فى الحكومة ومن موظفى الشركات الذين يتعرضون لضغوط تجارية .

-٤-

تهديدات ما بعد ٢٠٠٠

الإرهاب والخطأ

خلال عشرين عاما سيصبح من الممكن بسبب إرهاب بيولوجى أو خطأ بيولوجى قتل مليون فرد. ما الذى ينذر به ذلك للأجيال اللاحقة ؟

أخذت فى انهاء هذا الفصل فى ديسمبر ٢٠٠٢ ، بما يزيد بالكاد على مرور عام منذ هجوم ١١ سبتمبر على الولايات المتحدة . هناك خوف مستمر من أن يحدث المزيد من الاعتداءات الوحشية التى ستحفر أياما مأساوية أخرى فى ذاكرتنا الجماعية. هناك تتابع من أحداث المنتحرين المتفجرين تثير الذعر فى اسرائيل . وهؤلاء المنتحرين شباب فلسطينيون أذكياء (رجال وكذلك نساء) يعتنقون مثالية انحرفت عن السبيل . حدث فى أواخر القرن العشرين أن اصبحت الجماعات الإرهابية المنظمة ذات الأهداف السياسية المعقولة (مثل تلك العاملة فى أيرلندا) أصبحت تحجم عن ارتكاب أسوأ كل ما فى إمكانها ، فهذه الجماعات حتى مع منظورها المشوّه ، قد أدركت أن الاعتداءات الوحشية عندما تتجاوز حدا معينا تكون لها نتيجة عكسية على قضيتهم . إلا أن أرهابيى القاعدة الذى اصطدموا بطائراتهم مع "المركز التجارى العالمى" و "البنتاجون" لايوجد لديهم أى من هذه الكوابح . ولو حدث أن تملكت جماعات من هذا النوع سلاحا نوويا فإنها ستفجره عامدة فى مركز إحدى المدن ، لتقتل عشرات الآلاف مع قتلها لأنفسها ؛ وسوف ينادى ملايين من الأفراد فى أرجاء العالم بأن هؤلاء أبطال . بل إن النتائج قد تكون حتى أكثر كارثية لو أن متعصبا إنتحاريا أصبح مصابا عن عمد بالجدرى ليقدح زناد وباء من هذا المرض ؛ وربما يمكن أن توجد فى المستقبل فيروسات أكثر فتكا (وليس لها علاج).

ورد التالى فى بيان أينشتين – راسل فيما يتعلق بـالهواجس التى تشغل العلماء المتنورين فى خمسينيات القرن العشرين بالنسبة للتهديد النووى : " لن يقول أحد منهم بأن أسوأ النتائج ستحدث يقينا . فما يقولونه هو أن هذه النتائج يمكن أن تحدث ، وما من أحد يمكن أن يكون واثقا من أنها لن تتحقق .حتى الآن لم نجد أن آراء الخبراء فى هذه المسائل تعتمد بأى درجة على نزعاتهم السياسية أو ما يتحيزون له . فهذه الآراء، بقدر ما كشفت عنه أبحاثنا ، تعتمد فحسب على مدى ما وصلت إليه معارف كل خبير بعينه . وقد وجدنا أن (الخبراء) الأكثر معرفة هم الأكثر تشاؤما" .

يمكننا حاليا أن نقول الشئ نفسه عن مخاطر أخرى تحدق الآن بنا بنفس الدرجة الكبيرة . تجابهنا تكنولوجيا القرن الحادى والعشرين بصنوف متباينة من توقعات مهلكة لم تكن قد ظهرت بعد على الأفق خلال عصر الحرب الباردة. وبالإضافة ، فإن الجناة المحتملين هم أيضا أكثر تباينا ، وأكثر تحييرا . تتصف التهديدات الرئيسية الجديدة بأنها "لاسمترية" : فهى لا تأتى من دول قومية وإنما تأتى من جماعات من فروع قومية ، بل وحتى من أفراد .

بل وحتى لو فرضت كل الدول قوانين صارمة على تداول المواد النووية والفيروسات الخطرة ، فإن فرصة أن يُفرض تنفيذ ذلك تنفيذا فعالا على نطاق العالم كله ليست بأفضل مما يحدث حاليا بالنسبة لفرض تنفيذ القوانين المضادة للمخدرات غير القانونية . ولو حدث مجرد خرق واحد للقانون لأمكن أن يقدح ذلك زناد كارثة عالمية . من الواضح أنه لايمكن أبدا التخلص من هذه المخاطر تخلصا كاملا . على أن الأسوأ كثيرا ، أنها فيما يبدو قد انتظمت اوضاعها بحيث أصبحت أكثر تهديدا وأكثر صعوبة فى معالجتها . سيكون هناك دائما فى كل بلد أفراد ساخطون مستوحشون ، وهناك تزايد فى قدر ما يمكنهم أن يمارسوه من "الفعالية" . هناك أيضا تهديدات من نوع مختلف تماما . ففيما يتعلق بفضاء

المعلومات مثلا ، هناك سباق بين محاولات جعل النظم أكثر قوة وأمنا ، وبين المهارة المتنامية للمجرمين الذين يحاولون اختراق هذه النظم وتخريبها .

الإرهاب النووى المتضخم

"الإرهاب المتضخم" النووى هو أحد المخاطر الرئيسية . حُولت رواية توم كلانسى "ذروة مخاوفنا" إلى فيلم عرض فى ٢٠٠٢ ، ويصور تدمير أستاد ملعب كرة مزدحم باستخدام جهاز نووى مسروق . الطاقة النووية تكون أكثر كفاءة بملايين المرات عن المتفجرات الكيماوية عندما تُقاس منسوبة لكل كيلو جرام بالوزن. أدت القنبلة المستخدمة فى هجوم أوكلاهوما سيتى إلى قتل مايزيد عن ١٦٠ فردا – وكانت قبل ١١ سبتمبر ٢٠٠١ تعد أسوأ هجوم وقع فى أرض الوطن بالولايات المتحدة – وتكافئ هذه القنبلة ما يقرب من ثلاثة أطنان من مادة ت ن ت . تصل قوة تفجر المخزون النووى فى الاتحاد السوفييتى السابق والولايات المتحدة إلى هذا القدر – ثلاثة أطنان – ولكنه بالنسبة لكل فرد واحد فى العالم ، ومن هنا يتبين الخطر من هذه الترسانة لوحدث أن ضل جزء منها الطريق حتى ولو كان كسرا ضئيلا منها – بل حتى لو ضل الطريق واحد فحسب من عشرات الألوف مما يوجد الآن من رؤوس القذائف الحربية .

تحتاج القنابل النووية التى تستخدم البلوتونيوم كوقود إلى أن يُقدح زنادها بواسطة انفجار داخلى مرتب ترتيبا دقيقا . وهذا أمر فيه تحديات تكنيكية ، لعلها تحديات تفوق تماما قدرات الجماعات الإرهابية . إلا أن من الممكن أن يغلَّف سطح قنبلة تقليدية بالبلوتونيوم ليُصنع منها " قنبة قذرة " . لن يسبب هذا السلاح وفيات مباشرة أكثر مما تسببه القنبلة التقليدية الكبيرة ، ولكنه سيؤدى إلى تلف واسع النطاق على المدى الطويل لأنه سيلوث منطقة كبيرة بمستويات خطرة من الإشعاع. ولايزال هناك خطر إرهابى أكبر ينتج عن اليورانيوم المخصب (يو – ٢٣٥ المفصول) حيث أن من الأسهل كثيرا صنع تفجر نووى حقيقى باستخدام

هذا الوقود . ينادى الفيزيائى لويز ألفاريز الفائز بجائزة نوبل بأنه " مع وجـود اليورانيوم من الدرجة التى تستخدم حديثا فى الأسلحة ... سيكون لدى الارهابيين فرصة جيدة لترتيب انفجار له طاقة كبيرة بمجرد اسقاط نصف المادة المستخدمة على النصف الآخر . يبدو أن معظم الناس غير منتبهين إلى أنه عنـدما يتـاح الوصول إلى يو- ٢٣٥ المفصول ، سيكون من أتفه المهام ترتيب انفجار نووى، فى حين أنه لو كان البلوتونيوم هو وحده مايتاح، سيكون صـنع انفجـار منـه أصعب مهمة تكنيكية فيما أعرفه " . يقلل ألفاريز على نحو مبالغ فيه من صعوبة صنع سلاح من اليورانيوم .وعلى كل ، فإن من الممكن التوصل إلـى تفجيـر باستخدام مدفع أو سلاح مورتر لدفع كتلة تحـت الحرجـة، تشـكل كقذيفـة أو رصاصة ، لتدخل فى كتلة أخرى تحت الحرجة قد شكلت كحلقة أو كاسـطوانة مجوفة .

لو حدث تفجر نووى عند مركز التجارة العـالمى ، يشـمل كتلتـين مـن اليورانيوم المخصب كل منهما فى حجم ثمرة "جريب فروت" ، لأدى ذلك إلـى تدمير ثلاثة أميال مربعة من جنوب مانهاتن ، بما فى ذلـك كـل شـارع وول ستريت(*) . وسيؤدى ذلك إلى قتل مئات الآلاف لو أن التفجـر انطلـق أثنـاء ساعات العمل . وسينشأ دمار مماثل لذلك لو حدث هجوم على مدن أخرى . كما أن التفجرات التقليدية يمكن أن تقدح زناد كوارث تقارب هذه المقاييس ، لو أنها مثلا رتبت بحيث تشعل المستودعات الضخمة لتخزين البترول أو الغاز الطبيعى. (والواقع أنه كان يمكن أن يكون للقنبلة التى فجرت فى مركز التجارة العالمى فى ١٩٩٣ تأثيرا مدمرا مماثلا لما حدث فى تفجير ٢٠٠١ لو أن التفجر انطلـق عند إحدى زوايا الأساسات ، بما يسبب سقوط أحد البرجين وانهياره فوق البرج الآخر) .

(*) وول ستريت شارع مؤسسات المال والأعمال والبورصة فى نيويورك . (المترجم) .

في ١٩٩٠ قال جيمس وُلزى المدير السابق لمكتب المخابرات المركزيـــة ، "قد ذبحنا التنين ، ولكننا نعيش الآن في غابة مليئة بالأفاعي الســامة " . وكـــان يشير بذلك إلى الاضطراب الذى أعقب انهيار الاتحاد السوفييتي ونهاية الحــرب الباردة . أصبحت استعارة ولزلي المجازية بعد مرور عقد من السنين اســتعارة أكثر ملائمة فيما يتعلق بالمجموعات المراوغة التي تهددنا .

تلقي هذه المخاطر الموجودة على المدى القصير ضوءا كاشفا على الحاجة الملحة إلى إجراءات لتأمين البلوتونيوم واليورانيوم المخصب فـــي جمهوريـــات الاتحاد السوفييتي السابق . وربما نكون بالفعل جد متأخرين بهذا الشأن . كـــان الاشراف متراخيا أثناء فترة الاضطراب السياسي في أوائل تســعينيات القــرن العشرين : ومن المحتمل أن الثوار الشيشانيين وغيرهم من مجموعات القوميات الفرعية قد وضعوا اليد بالفعل على بعض الأسلحة .

خفضت الولايات المتحدة في ٢٠٠١ مما اقترح من تقديم عون من ثلاثـــة بلايين دولار لروسيا وغيرها من دول الاتحاد السوفييتي السابق بهـــدف إيقـــاف تشغيل الأسلحة ، ومنع "نزوح" الخبراء العلميين ، وللتخلص من البلوتونيـــوم – وكلها جهود من المؤكد أنها تستحق أن تكون لها درجة أولوية ملحة لحد أكبـــر كثيرا من مشروع "الدفاع الصاروخي القومي " . على أن هناك تطور ايجابي قد حدث وهو "مبادرة التهديد النووي " ، التي يرأسها السيناتور السابق ســام نـــون ويمولها أساسا تيد تيرنر مؤسس "سي إن إن" ، والتي تستخدم مواردها الخاصة وفعاليتها السياسية لتفعيل الإجراءات لتقليل التهديد .

الإرهاب خطر جديد يؤثر في موقفنا تجاه محطات القوى النووية المدنية – بما يضيف إلى احتمالات المتاعب التقليدية من ارتفـــاع التكلفـــة الرأســـمالية ، ومشاكل ايقاف التشغيل ، وتراث النفاية المسمومة الذى نخلفه لأجيال المستقبل . محطة الطاقة لاتحوى فقط "القلب" ذى الاشعاع المرتفع ، وإنمـــا فيهـــا أيضـــا

مخزون من قضبان الوقود المستهلك يمكن أن تكون أكثر عرضة للخطر . بل إن هذه الأخيره حتى لو أُشعلت فيها النيران فانها يمكن أن تطلق مقدارا من سيزيوم -١٣٧ أكثر بعشرة أمثال مما فى حادث تشيرنوبل (ولهذا السيزيوم عمر نصف من ثلاثين سنة) .

يهدف مصممو المفاعلات النووية إلى خفض الاحتمال بأسوأ الحوادث إلى أقل من واحد من المليون من " أعوام المفاعل" . لإجراء حسابات من هذا النوع يجب تضمين كل التوليفات الممكنة من سوء الحظ والأعطال فى المنظومات الفرعية . ومن بين هذه إمكان أن تصطدم طائرة كبيرة فوق وعاء الاحتواء . تخبرنا سجلات حوادث الطيران (واسقاطاتها المحتملة للمستقبل) عن عدد الطائرات التى يرجح أن تسقط من السماء . يحدث هذا فى كل أوروبا وأمريكا الشمالية بمعدل لايزيد عن بضعة طائرات فى كل سنة . واحتمال أن إحداها ستصطدم بمبنى بعينه هو احتمال قليل بما يطمئن ، فهو أقل كثيرا من الواحد فى المليون لكل سنة . ولكننا نعرف الآن أن هذا ليس حسابا صحيحا . فهو يغفل احتمالا أصبح الآن كابوسا مألوفا ، وهو أن الإرهابيين من نوع الكاميكازى(*) يستطيعون التسديد على هدف كهذا تماما ، مستخدمين طائرة نفاثة كبيرة مزودة بكامل وقودها ، أو طائرة أصغر محملة بالمتفجرات . واحتمالات وقوع حدث كهذا لايمكن تقديرها حتى لو قدرها أذكى الفنيين أو المهندسين : فهذا أمر تقرره أحكام سياسية أو اجتماعية .

إلا أنه ما من شك فى أنه لابد وأن يكون المرء متفائلا بسذاجة حتى يقدره بأنه بمعدل يقل عن واحد فى المائة لكل سنة . ولو أن هذا التقدير العالى قد أُدخل فى تقديرات الخطر وقت تخطيط محطات الطاقة ، لما تم التصديق على التصميمات الحالية . وربما سيصبح من الاجبارى فى كل التصميمات الحديثة أن

(*) الكاميكازى طيارون يابانيون انتحاريون كانوا فى الحرب العالمية الثانية يصطدمون بطائراتهم نفسها بالهدف ليتأكدوا من تدميره مع موتهم . (المترجم) .

تكون بحيث تفى بمعايير الأمان حتى ولو كان هناك احتمال بأن يتطلب ذلك وضعها تحت الأرض .

على أى حال فإن من الممكن أن يقل دور محطات الطاقة خلال السنوات العشرين التالية إذا وصلت محطات القوى الموجودة حاليا إلى نهاية حياتها دون إحلالها بغيرها . إذا كنا سنستخدم الطاقة النووية للإسهام إسهاما جوهريا فى تحقيق ما يهدف له العالم كله من تخفيض الانبعاثات الحرارية لبيت النباتات الزجاجى (الصوبة) سوف نحتاج لآلاف كثيرة من محطات جديدة للطاقة . وبصرف النظر تماما عن تهديدات التخريب والإرهاب ، ستجد أن احتمالات الخطر من الحوادث تتزايد عندما يحدث تراخى فى الصيانة . عندما تسوء سجلات الأمان فى بعض خطوط طيران العالم الثالث فإن من يتعرضون للخطر أساسا هم الذين يطيرون بها ؛ أما المفاعلات التى تساء صيانتها فتفرض تهديدا لايضع اعتبارا للحدود الدولية .

نستطيع أن نجعل للطاقة النووية مستقبلا أنصع إذا توصلنا إلى أن نستخدم روتينيا أنواعا جديدة من المفاعلات الانشطارية تتغلب على مشاكل الأمان وإيقاف التشغيل الموجودة فى التصميمات الحالية . هناك توقع آخر على المدى الطويل وهو استخدام الاندماج النووى : أى نسخة محكومة من العملية التى تبقى الشمس ساطعة وتمد القنبلة الهيدروجينية بالطاقة . ظل هناك ترقب طويل لأن تصبح عملية الاندماج مصدرا لاينفد للطاقة . إلا أن هذا الهدف قد تراجع : وبعد أن كان هناك فجر لأمل زائف فى الخمسينيات الماضية تم ادراك وجود مصاعب حقيقية ، وأصبح الاندماج يبدو دائما بعيدا بما لا يقل عن ثلاثين عاما.

الفائدة الأساسية للطاقة النووية ، سواء كانت اندماجية أو انشطارية ، هى أنها تحل فى الوقت نفسه مشكلتين : محدودية احتياطيات البترول ، وكذلك مشكلة الأحترار الكوكبى . على أن هناك خيار أفضل ، لأسباب بيئية وكذلك

أيضا لأسباب من الأمان ، وهو وجود مصادر متجددة للطاقة . ولا ريب أن هذه سوف توفر جزءا متزايدا من احتياجات العالم . ولكنها لن تستطيع أن توفر إجمالي الطلب ، إلا بعد أن تحدث نجاحات تكنيكية مخترقة. التوربينات الهوائية وحدها لن تكون كافية ، وما يجرى حاليا من تحويل للطاقة الشمسية له تكلفة باهظة وعدم كفاءة بأكثر مما ينبغي . على أنه لو أمكن تلجيم ضوء الشمس باستخدام بعض مواد ضوء – فولتية رخيصة وفعالة يمكن نشرها عبر مساحات هائلة من أرض بور ، سنجد عندها أن مايسمى "باقتصاد الهيدروجين" سيصبح أمرا قابلا للتنفيذ : فسنجد أن القوى الكهربائية المتولدة عن الشمس سوف تستخلص الهيدروجين من الماء ؛ ويمكن بعدها استخدام هذا الهيدروجين في خلايا الوقود ، التي تحل محل محركات الاحتراق الداخلي .

التهديدات البيولوجية

هناك مخاطر أكثر ازعاجا من المخاطر النووية وهي المخاطر المحتملة التي تنشأ عن الميكروبيولوجيا والوراثيات . استمرت دول عديدة لعقود من السنين وهي تنفذ برامجا أساسية وسرية إلى حد كبير لإنشاء أسلحة كيماوية وبيولوجية . وهناك خبرة تتزايد أبدا في تصميم ونشر الجراثيم المميتة ، وهذا أمر لا يقتصر على الولايات المتحدة والمملكة المتحدة ، التي يوجد بهما برامج أبحاث مستمرة لتحسين الإجراءات المضادة للهجوم البيولوجي . فمن المظنون أن العراق تواصل برنامج أبحاث هجومية ؛ وهناك دول أخرى عديدة كان لديها برامج من هذا النوع في الماضي (كجنوب أفريقيا مثلا) .

كان الاتحاد السوفييتي مشغولا فيما مضى من سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين بحشد أكبر ما حُشد قط من الخبراء العلميين لإنشاء أسلحة بيولوجية وكيماوية . كان كاناتجان أليبيكوف في وقت ما العالم الثاني في البرنامج السوفييتي المسمى (بيوبريبارات) ثم لجأ إلى الولايات المتحدة في ١٩٩٢ ، حيث

غير اسمه على نحو غربى ليصبح كـين البييـك وحسـب كتابـه "المخـاطر البيولوجية"، فقد كان يرأس فى الاتحاد السوفييتى ما يزيد عن ثلاثين ألف باحث. وهو يروى تفاصيل المجهودات التى بذلت لتحوير الجراثيم لجعلها أكثـر قـدرة على العدوى وأكثر مقاومة للفاكسينات. وقد اعترف بوريس يلتسين فـى ١٩٩٢ بأمر كان المراقبون الغربيون يشكون فيه زمنا طويلا : حدث علـى الأقـل ٦٦ حادثة وفاة غامضة فى مدينة سفيردلوفسك فى ١٩٧٩ تسببت عن بوغات جراثيم الأنثراكس(*) التى تسربت من معمل فى برنامج "بيوبريبارات" .

الكشف عن الانتاج المحظور للأسلحة النووية مشكلة تعد وكأنها لاشئ عند مقارنتها بمشاكل مهمة التحقق من اذعان الدول للمعاهدات عن الأسلحة الكيماوية والبيولوجية . بل إن هذا حتى يعد أمرا سهلا عند مقارنته بتحدى متابعة جماعات القوميات الفرعية ومتابعة الأفراد . ظلت الأسلحة البيولوجية والكيماوية لـزمن طويل مما يُنظر إليه على أنها الخيار الرخيص للدول التى ليس لـديها اسـلحة نووية . ولكن الأمر لم يعد بعد فى حاجة إلى دولة ، ولاحتى إلى منظمة كبيرة ، ليتم تنتظيم هجوم كارثى : من الممكن الآن أن يحصل مجرد أفراد بذاتهم علـى المواد المطلوبة . لا يتطلب انتاج كيماويات أو سموم مميتة إلا أجهزة من درجة متواضعة ، هى بالاضافة إلى ذلك تعد أساسا مماثلة للأجهزة المطلوبة للبـرامج الطبية أو الزراعية : والتكنيكات والخبرات هنا لهـا "اسـتخدام مـزدوج" فـى المجالين . وهذه مفارقة أخرى مع البرامج النوويـة ، حيـث يلـزم تخصـيب اليورانيوم لصنع أسلحة الانشطار ذات الكفاءة ، الأمر الذى يتطلب معدات معقدة ليس لها أى استخدام آخر قانونى . وبكلمات فريد أيكل، "المعرفـة والتكنيكـات اللازمة لصنع أسلحة بيولوجية مفرطة القوة ستصبح موزعة فى كل مكان ، بين معامل المستشفيات ، ومعاهد الابحاث الزراعية ، والمصانع السلمية. لن تـتمكن

(*) الأنثراكس نوع من بكتريا عصوية تسبب الاصابة بها حمى الجمرة المميتة التـى تقتـل الماشية وقد تنتقل للإنسان . (المترجم)

إلا شرطة دولة بوليسية قامعة من الاستيثاق من تحكم الحكومة تحكما كاملا فى هذه الأدوات الجديدة للدمار الشامل".

لعله سيحدث ذات يوم أن آلافا من الأفراد ، وربما حتى ملايين الأفراد ، قد يكتسبوا القدره على نشر "الأسلحة" التى يمكن أن تسبب أوبئة لها انتشار واسع أو حتى انتشار عالمى . سيكون فى استطاعة أتباع معدودين لعقيدة تنشد الموت ، أو حتى فى استطاعة فرد واحد مغتاظ أن يطلق العنان لهجوم من هذا النـوع . والواقع أنه قد حدثت بالفعل حوادث هجوم بيولوجية بمقياس صغير ، إلا أنهـا لحسن الحظ اتسمت بدرجة بالغة من البدائية فى تكنيكاتها والحماقة فى تنفيـذها بحيث لم تنجز حتى ما كان يمكن أن ينجزه انفجار تقليدى . فـى ١٩٨٤ لـوث بعض أتباع عقيدة راجنيشى (رجل العباءات الصفراء والخمسين رولـزرويس) بعضا من طاولات بيع السلطة فى واسكوكونتى بولاية أورجوى بأن وضعوا فيها جراثيم سالمونيلا(*) ، وأصيب ٧٥٠ فردا بالتهاب معدى – معوى. وكان دافـع هذا الهجوم هو فى الظاهر أن يؤدى إلى عجز الناخبين عن إعطاء أصواتهم فى انتخاب محلى ، وبالتالى التأثير فى نتيجة طلب لتخطيط مجتمع لهذه العقيـدة . إلا أنه لم يتم التعرف على مصدر الوباء إلا بعد مرور سنة منه ، الأمر الـذى ألقى ضوءا كاشفا على مشكلة تتبع أثر الجناة فى أى هجوم بيولوجى . كما حدث فى أوائل تسعينيات القرن العشرين أن أنشأ أفراد طائفـة "أوم شـينريكيو" فـى اليابان عوامل ضارة فعالة شتى تتضمن سم جـراثيم البوتيولينـوم(**) وحمـى كيو(***) ، والأنثراكس . واطلقوا غاز الأعصاب "سارين" فـى قطـار الانفـاق

(*) السالمونيلا أنواع من بكتريا عصوية تسبب أمراضا عديدة مثل التسمم الغذائى أو النزلات المعوية أو حمى التيفود . (المترجم) .

(**) البوتيولينوم نوع من بكتريا عصوية لا هوائية تؤدى إلى تسمم غذائى حاد قـد ينتهـى بالموت نتيجة سم البوتيولين الذى يؤثر فى الأعصاب . (المترجم) .

(***) حمى كيو مرض حاد يتميز بالحمى وآلام العضلات وتنقله جراثيم من نوع الريكتيسيا. (المترجم) .

بطوكيو ، مما قتل اثنى عشر فردا ؛ وكان من الممكن أن يكون الهجوم مدمرا بدرجة أكبر كثيرا لو أنهم كانوا أكثر نجاحا فى نشر الغاز فى الهواء .

فى سبتمبر ٢٠٠١ أُرسلت أظرف تحوى بوغات أنثراكس إلى اثنين من أعضاء مجلس (السيناتورز) فى الولايات المتحدة وكذلك إلى عدة مؤسسات إعلامية. مات خمسة أفراد – وهذه مأساة ، ولكنها لا تزيد عن حجم أى من الحوادث اليومية للاصطدام فى الطرق . إلا أن ما ترتب على ذلك – وهذا نذير مهم – من التغطية الاعلامية فى الولايات المتحدة أدى إلى وجود "عامل للفزع" عم الأمة كلها . نستطيع هكذا أن نتصور بسهولة النتائج الضخمة لحالة الأمة النفسية عند وقوع هجوم وحشى يقتل الآلاف . من الممكن أن يصل التأثير الفعلى لهجوم كهذا فى المستقبل إلى درجة أعظم لو استُخدم نوع من البكتريا التى تقاوم مفعول المضادات الحيوية ، وكذلك بالطبع لو أنها نشرت بطريقة فعالة . يؤدى هذا التهديد إلى "سباق تسلح" بيولوجى : جهود لإنشاء عقاقير وفيروسات تستطيع أن تستهدف بكتريا معينة، وكذلك انشاء مستشعرات للكشف عن الجراثيم المرضية وهى فى تركيزات صغيرة جدا .

ما الذى يمكن أن ينجزه حاليا الهجوم البيولوجى ؟

أُجريت دراسات وتدريبات كثيرة من أجل قياس التأثير الممكن لأى هجوم بيولوجى وطريقة استجابة خدمات الطوارئ له . فيما مضى قدرت منظمة الصحة العالمية فى ١٩٧٠ أن إطلاق خمسين كيلو جراما من بوغات الأنثراكس من إحدى الطائرات التى تطير فى اتجاه مهب الريح على إحدى المدن ، يمكن أن يسبب ما يقرب من مائة ألف حالة وفاة . وتم فى وقت لاحق فى ١٩٩٩ استكشاف سيناريوهات عديدة بواسطة مجموعة جاسون ، وهى اتحاد من علماء أكاديميين من أعلى المراتب يؤدون استشارات منتظمة لوزارة الدفاع الأمريكية . نظرت هذه المجموعة فى أمر ما يمكن أن يحدث لو تم إطلاق الأنثراكس فى

قطار أنفاق نيويورك . سوف تتوزع البوغات بطول منظومة الأنفاق وبواسطة الركاب . لو كان اطلاق الجراثيم بطريقة خفية ، لن يظهر أول برهان عليه إلا بعد بضعة أيام عندما يأخذ الضحايا فى زيارة أطبائهم عند ظهور الاعراض ، ويكون المرض وقتها قد أنتشر واسعا عبر البلاد.

درست مجموعة جاسون أيضا تأثيرات عامل كيميائى فعال هو الريسين(*) الذى يهاجم الريبوسومات(**) ويتدخل فى مسار كيمياء البروتينات . وجرعته المميتة هى فحسب عشرة ميكروجرامات . على أن حقيقة أن الهجوم بالسارين على قطار أنفاق طوكيو لم يقتل أى آلاف ، تبين أن نشر العامل الفعال ليس مجرد تحدى تكنيكى بسيط. وقد نشرت تفاصيل عن تجارب أجريت لنشر رذاذات (إيروسولات) "غير سامة" فى خمسينيات وستينيات القرن العشرين فى الولايات المتحدة والمملكة المتحدة. أجريت هذه التجارب على قطار الأنفاق فى لندن ونيويورك وسان فرنسيسكو .

التوصل إلى نشر العامل الفعال بكفاءة فى الهواء يعد مشكلة عامة مع كل العوامل الفعالة الكيميائية وكذلك البيولوجية التى لا تسبب عدوى (مثل الأنثراكس) . قد يكون من الصدق أن نقول أن جرامات معدودة من أحد العوامل الفعالة تستطيع من حيث المبدأ أن تقتل الملايين ، إلا أن هذا القول أيضا قد يكون فيه ما يضلل (تماما مثلما يكون من المضلل أن نقول أن رجلا واحدا يستطيع أن يكون أبا لمائة مليون طفل ؛ فالحيوانات المنوية عددها وافر بما يكفى ، إلا أن نشرها وتوصيلها فيهما تحدى حقيقى) .

أما بالنسبة للأمراض المعدية فإن نشرها فى البداية أقل صعوبة عما بالنسبة للأنثراكس (فالأنثراكس لا يمكن تمريرها من فرد لآخر) ؛ وحتى عندما يكون

(*) الريسين بروتين سام يُستخلص من بذور نبات الخروع . (المترجم)

(**) الريبوسوم أحد عضيات الخلية ، وهو جسيم دائرى صغير فى سيتوبلازم الخلية له دور مهم فى تكوين البروتينات. (المترجم)

إطلاق جراثيم الأمراض المعدية على نطاق محلى ، إلا أنه يمكن أن يقدح زناد وباء واسع الانتشار ، خاصة إذا كان الاطلاق فى مجموعة سكان متنقلة . ولعل أكثر توقع مرعب بالنسبة للفيروسات المعروفة ، هو إطلاق فيروس الجدرى .تم التخلص تماما من مرض الجدرى نتيجة جهد عالمى رائع فى سبعينيات القرن العشرين قادته منظمة الصحة العالمية . وبدلا من أن نجعل هذا الفيروس منقرضا ، احتُفظ بمخزون منه فى موقعين ، هما " مركز التحكم فى الأمراض " فى أطلنطا بالولايات المتحدة ، ومركز له اسم مشئوم هو "مركز وسطاء العدوى" فى موسكو . والتبرير الذى يقال عن الاحتفاظ بهذه الفيروسات هو أنها يمكن أن تستخدم للمساعدة على انشاء فاكسينات. على أن هناك قلقا متزايدا من أنه ربما توجد فى بلاد أخرى مستودعات خفية من الفيروس ، بما يثير المخاوف من إرهاب بيولوجى يستخدم الجدرى .

الجدرى مرض معدى بدرجة عالية (تكاد تصل إلى علو درجة العدوى بالحصبة) وهو يقتل حوالى ثلث من يصابون به . ثمة دراسات عديدة منشورة عما يمكن أن يحدث لو تم إطلاق هذا الفيروس المميت . وحتى لو تم احتواء الوباء ، ووصل عدد الضحايا إلى معدل من المئات لاغير ، فإن تأثيره على مدينة كبيرة قد يكون مدمرا . سيكون هناك تسابق للحصول على الامدادات الطبية ، خاصة إذا كان الفاكسين قليلا . على أن قائمة الوفيات الفعلية قد تصل إلى الملايين ، خاصة إذا انتشر الوباء دوليا .

أجرى فى يوليو ٢٠٠١ تدريب عنوانه " الشتاء المظلم " حدث فيه محاكاة لهجوم خفى بالجدرى على الولايات المتحدة وما يجرى من استجابة واجراءات مضادة له . قام بأداء الأدوار فى هذا التدريب شخصيات لها خبرتها : لعب السيناتور الأمريكى السابق سام نون دور الرئيس ، ولعب حاكم أوكلاهوما دوره هو نفسه . وأفتُرض أن سحب إيروسول ملوثة بفيروس الجدرى قد أُطلقت فى الوقت نفسه فى ثلاثة مواقع – تجمعات متاجر (مولات) – فى ولايات مختلفة .

أدى السيناريو فى أسوأ حالاته إلى نقل العدوى إلى ثلاثة ملايين فرد (سيموت الثلث منهم) . ستؤدى فى النهاية إجراءات التطعيم العاجلة إلى إخماد انتشار المرض (يظل الفاكسين فعالا حتى ولو بعد أربعة أيام من حدوث العدوى) . إلا أن العدوى إذا انتشرت عالميا، لو كان إطلاقها فى البداية فى أحد المطارات أو داخل طائرة ركاب ، فإن هذا يمكن أن يطلق الوباء فى بلاد حيث الفاكسين غير متاح بسهولة كما يتاح فى الولايات المتحدة – ولعل اسوأ احتمال هو أن يحدث ذلك فى المدن الكبرى المحتقنة فى العالم الثالث .تصل فترة حضانة المرض إلى اثنى عشر يوما ، وهكذا فإنه مع مرور الوقت الذى تتضح فيه أول حالة ، سيكون من أصيبوا أصلا بالعدوى قد انتشروا فى أرجاء العالم ، ليسببوا عدوى ثانوية . سيكون من المتأخر جدا عندها فرض أى إجراءات عزل طبى فعالة .

"الجدرى فى ٢٠٠٢ : السلاح الصامت" ، هذا عنوان دراما وثائقية أذاعتها هيئة الإذاعة البريطانية ، تصور فردا واحدا متعصبا فى نيويورك أصاب بالعدوى عددا من الأفراد يكفى لقدح زناد وباء واسع الانتشار أصاب ستين مليون ضحية. تأسس هذا السيناريو المخيف على نموذج كمبيوتر (لعله مثار شك) عن الطريقة التى يمكن بها نشر الفيروس . عندما يحاول الرياضيون حوسبة طريقة نشأة أحد الأوبئة، فإن العامل الأكثر حسما الذى يدخل فى حساباتهم هو عدد الأفراد الذين يعديهم على نحو نموذجى أحد ضحايا المرض ، ممن يسمون "المضاعف" . وفى هذا النموذج بالذات ، افتُرض أن هذا العدد هو (١٠). إلا أن بعض الخبراء قد حاجوا بأن الجدرى لا يكون معديا بهذه الدرجة، وأنه يتطلب نموذجيا ساعات عديدة من الاقتراب الحميم ليتم تمرير العدوى ، وبالتالى فإن هذه السيناريوهات تبالغ فى السهولة التى ينقل بها الشخص المصاب عدوى المرض . على أن هناك أدلة على أن الفيروس يمكن أن ينتشر بالتيارات الهوائية مثلما ينتقل بالاتصال الشخصى (كما تبين مثلا من نشوب وباء فى ١٩٧٠ فى مستشفى ألمانى). وطرح بعض الخبراء أن مضاعفا من (١٠) قد

يكون مناسبا فى المستشفيات، ولكنه يكون (٥) لاغير فى المجتمع : وطرح آخرون أن المضاعف قد يكون بالفعل منخفضا بما يصل إلى (٢) .

هذه الأوجه من عدم اليقين قد تكون عوامل حاسمة فى تحديد مدى السرعة التى يمكن بها احتواء الوباء باستخدام التطعيم الجموعى أو العزل الصحى . إلا أنه سيكون من الأصعب بالطبع التحكم فى انتشار الوباء إذا كان (كما يصور سيناريو هيئة الإذاعة البريطانية) قد انتشر بالفعل ، قبل اكتشافه ، داخل بلاد نامية حيث يكون رد الفعل لحالة طارئة كهذه أكثر بطئا وأقل فعالية . سوف يكون هناك بلا ريب فيروسات أخرى أكثر سهولة فى تمرير العدوى . حدث فى المملكة المتحدة فى ٢٠٠١ وباء من مرض القدم والفم[*] (الحمى القلاعية) وكانت له نتائج مدمرة على الزراعة فى البلد على الرغم من الجهود القصوى التى بذلت للتحكم فيه . كان من الممكن أن تكون النتائج أسوأ كثيرا لو أن عدوى كهذه قد نشرت بنية خبيثة .أنواع الهجوم البيولوجية تهدد البشر والحيوانات ؛ ولكنها يمكن أن تهدد ايضا المحاصيل والمنظومات الايكولوجية[**] . أحد السيناريوهات الأخرى لمجموعة جاسون التى أشرفت على الانتهاء هو محاولة تخريب انتاج زراعى فى منطقة وسط الغرب الأمريكى وذلك بإدخال فطر معروف باسم " صدأ القمح " وهو فطر يحدث طبيعيا ويؤدى أحيانا إلى تدمير ما يصل إلى عشرة فى المائة من محصول كاليفورنيا.

أحد المعالم المشتركة فى كل انواع الهجوم البيولوجية أنها لايمكن الكشف عنها إلا بعد أن يفوت تماما الوقت المناسب ، وربما حتى بعد أن تكون التأثيرات قد انتشرت عالميا. والواقع أن استخدام الأسلحة البيولوجية فى الحروب المنظمة قد حُظر ليس فحسب لتحفظات أخلاقية ، وإنما لأن ما يحدث من الثغرة الزمنية

(*) مرض القدم والفم أو الحمى القلاعية مرض فيروسى حاد يصيب الماشية محدثا قروحا فى أفواهها وأظلافها .(المترجم)

(**) نسبة للإيكولوجيا وهى علم العلاقات بين الكائنات الحية وبيئتها . (المترجم)

ومن الانتشار هى أمور لايمكن أن يتحكم فيها القواد العسكريون . إلا أن هذا التأخير هو عامل جذب بالنسبة لأى منشق أو إرهابى منفرد، لأن المكان الأصلى للهجوم – حين تم أو حيث تم إطلاق العامل المرضى– يمكن تمويهه بسهولة . من الممكن تحسين توقعات الكشف المبكر بأن يحدث سريعا على نطاق الدولة إجراء مشاركة وتحليل للمعلومات الطبية بحيث يكون من الأسهل الكشف عن أى ارتفاع مفاجئ فى عدد المرضى الذين تظهر عليهم مجموعة معينة من الاعراض، أو عندما يحدث وقوع حالات شبه متزامنة لبعض متلازمات بأعراض نادرة أو شاذة .

سيؤدى أى هجوم إلى ظهور حالة حادة من الفوضى والذعر . صدرت التقارير بطريقة مرعبة عن أحداث الأنثراكس فى ٢٠٠١ بالولايات المتحدة ، ويعطينا هذا مثلا عن كيف أنه حتى لو كان التهديد محليا إلا أنه يمكن أن يؤثر فى الحالة العقلية فى قارة بأكملها . والتغطية الإعلامية عندما تضخم المخاوف وتغذى الهستيريا بالوقود ستضمن أنه حتى لو حدث وباء صغير من الجدرى من نوع ينتمى إلى الطرف الأقل شدة من طيف التنبؤات إلا أنه سيؤدى إلى فوضى فى الحياة على نطاق العالم كله .

فيروسات مهندسة ؟

نتجت كل أوبئة ما قبل سنة ٢٠٠٠ عن جراثيم مرضية موجودة طبيعيا (فيما عدا الاستثناء المحتمل للإطلاق الروسى للأنثراكس فى ١٩٧٩). إلا أن التهديد البيولوجى صار أشد خطرا بسبب تقدم البيوتكنولوجيا . أصدرت الأكاديمية القومية للعلوم فى الولايات المتحدة تقريرا فى يونيو ٢٠٠٢ ، وحسب هذا التقرير فإن هناك لاغير قلة معدودة من الأفراد ذوى المهارات المتخصصة والقدرة على التوصل إلى المعامل يستطيعون أن ينتجوا بثمن رخيص وبسهولة مجموعة مكتملة من الأسلحة البيولوجية المميتة التى قد تهدد تهديدا خطيرا سكان

الولايات المتحدة . وهم بالاضافة يستطيعون انتاج هذه العوامل البيولوجية الفعالة بمعدات متاحة تجاريا – أى معدات يمكن أيضا استعمالها لصنع كيماويـات ، أو عناصر بدائية ، أو أطعمة أو جعة – وبالتالى فإنها ستظل خفية . بعد ان تم فك شفرة تتابعات قواعد الجينوم(*) البشرى وبعد أن اتضحت بالكامل جينومات العديد من الجراثيم المرضية .... فإن هذا يتيح اساءة استخدام العلم لتخليق عوامل فعالة جديدة للدمار الشامل ".

يلاحظ التقرير أن التكنولوجيا الجديدة ينبغى أيضا ، مـن حيـث "الجانـب الجيد" فيها ، أن تؤدى إلى طرائق أسرع للتعرف على اطلاق الجراثيم المرضية وإجراءات رد الفعل لها ، إلا أن الرسالة العامة للتقرير فيها ما يزعج . فهو يقر بأن فردا "انعزاليا" له مهاراته يمكن أن يرتكب جرم نشر وبـاء كـارثى ، وإن كانت الأنظار الآن تتركز على الجماعات الإرهابية . يوجد فى كل أنحاء العالم أفراد لديهم الخبرة لتنفيذ تعاملات وراثية وتزريع كائنات دقيقة . جورج بوسـت عالم بيوتكنولوجيا بريطانى ومستشار للحكومة، يعمل الآن فى الولايات المتحدة ، وهو يحدس أنه " سيكون مما يثير الاهتمام أن تتأمل فى مسألة (قـاذف القنابـل المنفرد)(**) الذى تدرب فى تسعينيات القرن العشرين ، هل كـان سـيختار أن يستخدم القنابل أو أنه كبديل لذلك ينطلق ماشيا ليلقـى شـيئا مـا فـى مصـنع للهامبورجر ، حيث أننا نجد أن هناك انتشارا فى كل مكـان وزمـان لتقريـر "بيوتكنولوجيا ١٠١" الذى يتزايد ذيوعه فى المقررات الجامعية فى العالم كله" . (وافقت الولايات المتحدة فى ٢٠٠٢ على زيادة ضـخمة فـى تمويـل الـدفاع

(*) الجينوم هو مجموع العوامل الوراثية فى نـواة الخليـة ، أى المجموعـة الكاملـة مـن الكروموسومات والجينات أو المورثات المصاحبة لها . (المترجم)

(**) قاذف القنابل المنفرد لقب أطلق على الإرهابى الأمريكى كازينسكى الذى بث وحده فـى ١٩٧٨ عدة قنابل فى أماكن مختلفة بالولايات المتحدة أدت إلى قتل رجل وإصابة بضعة أفراد آخرين . (المترجم)

البيولوجي . وسيؤدى هذا ، كانتاج جانبى غير مرحب به ، إلى نشر هذه الخبرة على نطاق أوسع) .

في يوليو ٢٠٠٢ أعلن إكارد ويمر وزملاؤه فى جامعة ولاية نيويورك أنهم قد جمّعوا فيروسا لشلل الأطفال ، باستخدام دنا(*) وطبعة تصميم زرقاء(**) وراثية يمكن نقل معلوماتها ترحيليا من الانترنت(***). هذا الفيروس الاصطناعى لا يعرّض إلا للقليل من المخاطر ، لأن معظم الناس قد حُصنوا ضد شلل الأطفال . على أنه لن تكون هناك صعوبة أكثر فى أن يتم تخليق تنويعات منه يمكن أن تكون معدية بل وحتى مميتة . يعرف الخبراء منذ سنين أن هذا النوع من التخليق الذى أجراه ويمر أمر يمكن تنفيذه ؛ وقد انتقده البعض لأنه نفذ تجربة لا ضرورة لها ، كمجرد عمل مثير. إلا أن الأمر بالنسبة لويمر هو "الادراك المروع" بأنه يمكن تخليق الفيروسات هكذا بسهولة بالغة . الفيروسات من نوع الجدرى لديها جينوم أكبر من جينوم فيروس شلل الأطفال ، وهى هكذا تفرض تحديا تكنيكيا أكبر ؛ وبالإضافة ، فإن فيروس الجدرى لن يستطيع أن يكاثر من نفسه إلا إذا أضيفت له انزيمات للتضاعف من فيروس جدرى مختلف . على أن هناك فيروسات أخرى مماثلة له فى الإماتة – مثل فيروسات الإيدز والإيبول(****) – يمكن تخليقها حتى فى الظروف الحالية ، بأن نولّف كروموسوما(*****) من جينات مفردة ، كما فعل ويمر .

(*) دنا مخصورة الحامض النووى دى أوكسى ريبونيوكليك وهو المكون الرئيسى للجينات أو المورثات.(المترجم)

(**) طبعة التصميم الزرقاء رسم للتصميمات الهندسية على ورق أزرق يتم بناء عليه تنفيذ البناء أو الجهاز .(المترجم)

(***) النقل الترحيلى ترحيل نسخة برنامج أو ملف فى كمبيوتر أو قاعدة بيانات بعيدة عبر خط اتصال إلى جهاز المستخدم.(المترجم)

(****) الإيبولا فيروس اكتشف فى أفريقيا ويسبب حمى يصحبها نزيف ، ومعدلات الوفاة منها عالية.(المترجم)

(*****) الكروموسومات أو الصبغيات خيوط فى نواة الخلية تنتظم عليها الجينات أو المورثات كانتظام حبات العقد. (المترجم)

سيحدث خلال سنوات معدودة أن تكون هناك طبعة التصميم الزرقاء الوراثية لأعداد هائلة من الفيروسات وكذلك الحيوانات والنباتات ، وكلها سوف تسجَّل فى أرشيف قواعد بيانات المعامل بحيث يكون من المتاح أن يتوصل لها العلماء الآخرون عن طريق الإنترنت . وكمثل فإن طبعة التصميم الزرقاء لفيروس الإيبولا قد تم بالفعل تسجيلها فى الأرشيف ؛ وهناك آلاف من الأفراد لديهم المهارات لتجميعها ، باستخدام خيوط لدنا متاحة تجاريا . فى تسعينيات القرن العشرين حاول أعضاء طائفة "أوم شينريكو" التوصل إلى فيروس إيبولا الطبيعى الموجود فى أفريقيا : ولحسن الحظ فإن وجوده نادر ، ففشلوا فى العثور عليه . وسيجدون الآن أن من الأسهل عليهم جدا تجميعه فى معمل منزلى . الكمبيوترات المنزلية هى والإنترنت قد فتحت مجالا هائلا أوسع كثيرا بالنسبة للعلماء والهواة . ويعد هذا التطور فى علم مثل علم الفلك أمرا مهما يرحَّب به بلا تحفظ . أما فى البيوتكنولوجيا فستكون لنا نظرة مناقضة لذلك بالنسبة لما يضفيه هذا من قوة خطيرة يكتسبها أفراد مجتمع معقد من البيوتكنولوجيين الهواة.

تخليق " فيروسات بالتصميم" هو تكنولوجيا بادئة فى الازدهار. عندما نفهم جهاز المناعة عند الانسان فهما أفضل ، فإن هذا وإن كان له فائدة طبية مهمة ، إلا أنه يجعل الأمور أسهل بالنسبة لمن يريدون كبت المناعة . وإذا تعاقب ظهور فيروسات مهندسة مختلفة لا توجد مناعة ضدها ولا علاج ، فقد يكون لها تأثير كارثى على نطاق العالم يكون حتى أكثر كارثية من تأثير الايدز الآن فى أفريقيا (حيث يُحدث تأثيراً عكسيا على عقود من سنوات التقدم الاقتصادى) : وقد يكون ذلك مساويا مثلا لتأثير فيروس جدرى ليس له فاكسين ، أو حتى فيروس مما قد ينتشر بسرعة أكبر من الجدرى نفسه ، أو تنويع من الإيدز تنتقل عدواه مثل انتقال الأنفلونزا ، أو نوع من الايبولا تطول فترة حمل المريض له . (يتم عادة احتواء تفجرات حالات هذا المرض المعدى المرعب وذلك لأن له مفعول بالغ السرعة بحيث أنه يقتل ضحاياه بالتهام أنسجة لحمهم قبل أن تكون لديهم الفرصة

لنقل العدوى للآخرين . وعلى عكس ذلك فإن بطء فعل الإيدز فى المريض يتيح له نقل العدوى بفعالية).

ما لم يحدث أن تُضاهَى القدرة على تصميم الفيروسات الجديدة بمهارات مناظرة لها فى تصميم وانتاج فاكسينات ضدها ، فإننا يمكن أن نجد أنفسنا مستهدفين للأمراض مثلما كان الأمريكيون المحليون(*) الذين وقعوا فريسة للأمراض التى جلبها المستعمرون الأوربيون ولم يكن لدى المحليين أى مناعة ضدها .

من الممكن تطوير سلالات بكتريا لها مناعة ضد المضادات الحيوية . والواقع أن هناك بكتريا من هذا النوع تنبثق طبيعيا كنتجية للانتخاب الداروينى . تصاب بعض عنابر المستشفيات بالفعل "بجراثيم" تقاوم حتى مضادات حيوية كالفانكوميسين ، وهو مضاد من نوع الملجأ الأخير ضد العدوى . وقد تؤدى الهندسة الوراثية " بكل ما فيها من وسائل ممكنة " إلى تنفيذ ذلك بطريقة اكثر فعالية من الطفرات الطبيعية . ومن الممكن تصميم جراثيم جديدة لتهاجم النبات بل وتهاجم حتى المواد اللاعضوية.

ربما لن ننتظر طويلا حتى نرى أنواعا جديدة من الميكروبات المخلقة بالهندسة الوراثية . حدث فعلا أن كريج فنتر ، المدير التنفيذى السابق لشركة "سيليرا" التى حددت تتابعات الجينوم البشرى ، قد أعلن خططا للمساعدة على حل الأزمات العالمية بالنسبة للطاقة والاحترار الكوكبى ، وذلك بتخليق ميكروبات جديدة : سيعمل أحد أنواعها على تحليل الماء إلى أوكسجين وهيدروجين (وذلك من أجل "الاقتصاد الهيدروجينى ") ؛ وتعمل أنواع أخرى بأن تتغذى على ثانى أوكسيد الكربون فى الجو (وبذلك فإنها تتغلب على ظاهرة الصوبة "بيت النبات الزجاجى") وتحول هذا الغاز إلى كيماويات عضوية من النوع الذى يُصنع الآن من البترول والغاز . وتتضمن تكنيكات فنتر صنع

(*) يقصد الهنود الحمر أو سكان أمريكا الأصليين. (المترجم) .

كروموسوم اصطناعى فيه ما يقرب من خمسمائة جين ، وأن يولج هذا الكروموسوم فى ميكروب مما يوجد حاليا ويكون جينومه الخاص به قد دُمر بواسطة الاشعاع . وإذا نجح هذا التكنيك ، فإنه سيفتح الآمال لتصميم أشكال جديدة من الحياة تستطيع أن تتغذى على مواد أخرى فى بيئتنا . وكمثل، سنتمكن من تصميم فطريات تستطيع أن تتغذى على المواد البلاستيكية المصنوعة من البولى يورثين وتدمرها. بل ان الماكينات قد تقع تحت طائلة التهديد : فتستطيع البكتريا التى يتم تصميمها تصميما خاصا أن تغير البترول إلى مادة متبلورة ، وتؤدى بالتالى إلى انسداد الماكينات.

الأخطاء المعملية

يثور القلق بما يكاد يماثل ذلك نتيجة تزايد المخاطر النابعة عن الخطأ والنتائج غير المتوقعة فى التجارب ، بدلا من أن يحدث ذلك نتيجة نية شريرة. حدثت مؤخرا فى استراليا واقعة فيها نذير يثير القلق . يعمل رون جاكسون باحثا فى "مركز الأبحاث التعاونى للتحكم فى الحيوان " فى كانبيرا ، وهو معمل حكومى رسالته الأساسية تحسين تكنيكات التحكم فى الأوبئة الحيوانية . وكان هو وزميله أيان رامشو يجريان بحثا حول الطرائق الجديدة لتخفيض عدد عشائر الفئران . كانت فكرتهما هى أن يحوّرا فيروس لجدرى الفئران ليصبح فى الواقع فاكسينا فعالا كمانع للحمل ، ويستخدم فى تعقيم الفئران . حدث فى أوائل عام ٢٠٠١ أثناء إجراء هذه التجارب ، أنهما عن غير عمد خلّقا سلالة جديدة من جدرى الفئران لها قدرة عالية لإحداث العدوى : وماتت كل فئران معملهما . كانا قد أضافا جينا ينتج بروتينا هو (انترليوكين -٤) يعزز من انتاج الأجسام المضادة ويكبت الجهاز المناعى فى الفئران؛ وترتب على ذلك أنه حتى الفئران التى سبق تطعيمها ضد جدرى الفئران قد ماتت هى أيضا . هل لو كان هذان العالمان يعملان بدلا من ذلك على فيروس الجدرى البشرى، هل كان يمكنهما تحويره ليصبح له قدرة أشد للإصابة بالعدوى ، بحيث لايفيد التطعيم فى الوقاية

منه ؟ حسب ما يقوله ريتشارد بريستون ، "الأمر الأساسى الذى يمنع النوع البشرى من تخليق نوع فائق من الفيروسات هو ما يوجد من الاحساس بالمسئولية بين البيولوجيين كأفراد" .

هذا النوع من التجارب المعملية ، التى تخلّق جراثيم مرضية اشد خطرا مما كان متوقعا ، وربما أشد إصابة بالعدوى مما أنتجته الطبيعة قط ، نوع فيه المثل لصنوف المخاطر التى سيلزم على العلماء مواجهتها (والتماس الإقلال منها لأدنى حد) فى مجالات أخرى من البحث . تتضمن هذه المجالات النانوتكنولوجيا (بل وحتى الفيزياء الأساسية) حيث النتائج قد تكون حتى أكثر كارثية . تعطينا النانوتكنولوجيا وعدا بآمال عظيمة على المدى الطويل ، إلا أنها فى النهاية قد يكون لها مساوئ أكثر حتى من أى خطأ بيولوجى . نستطيع أن نتصور أنه يمكن تصميم ماكينات نانوية تستطيع تجميع نسخ من ذاتها هى نفسها، وإن كان هذا مازال بعيدا عن الواقع . وإذا انطلق هذا النوع من التكاثر ، سوف ترتفع أعداد هذه الماكينات بزيادة أسّية ، حتى ينفد "طعامها" . ولو كان استهلاك هذه الماكينات يجرى بانتقاء بالغ الجودة ، فإنها يمكن أن تكون بدائل مفيدة للمصانع الكيميائية ، بنفس الطريقة التى يمكن بها "للجراثيم المصممة " أن تكون كذلك . إلا أن الخطر ينشأ لو أصبح فى الإمكان تصميم الماكينات النانوية بحيث تكون لها قدرة على الالتهام أشد من أى خلية بكتريا، بل وربما أصبح لها القدرة على أن تلتهم حتى كل المواد العضوية . وهى لو تمثلت بكفاءة الطاقة الشمسية تمثلا غذائيا يجعلها تتمكن من استخدامها ، فإنها تستطيع عندها أن تتكاثر تكاثرا لا تحكم فيه بحيث ما إن تتوصل إلى الحد المالتوسى(*) حتى تكون قد استهلكت كل ما هو حى.

(*) نسبة إلى روبرت توماس مالتوس (١٧٦٦ – ١٨٣٤) كتب مقالا عن أن البشر يتزايدون بمتوالية هندسية بمعدل أكثر من معدل تزايد مواردهم حسابيا ، الأمر الذى يهدد بوقوع مجاعة . (المترجم)

يصور إريك دريكسلر هذه السلسلة من الاحداث فـــى روايتـــه "ســيناريو اللزجات الرمادية " . فيكتب قائلا ، "ستكون هناك (نباتات) لها (أوراق) لاتزيــد كفاءة عن الخلايا الشمسية الحالية وتستطيع أن تتفوق على النباتات الحقيقيـــة ، فتتجمع فى المحيط الحيوى حاشدة إياه بأوراق نبات لا تؤكل. تستطيع (البكتريا) الضارية اللاهمة للحيوان والنبات أن تتغلب على البكتريا الحقيقية . وهى تستطيع أن تنتشر مثل حبوب اللقاح التى تحملها الرياح ، وتتكاثر سريعا وتختزل المحيط الحيوى إلى تراب خلال أيام . من الممكن أن تكون هذه المتكاثرات الخطرة على درجة من الضراوة ، والصغر ، وسرعة الانتشار بحيث لايمكن إيقافها – أو هذا ما سيحدث على الاقل إذا لم يكن لدينا تجهيزات لذلك . فما البال ونحن نعـــانى الآن ما يكفى من المتاعب للتحكم فى الفيروسات وذباب الفاكهة" .

هكذا فإن ما ينتج من انفجار سكانى لهذا النوع من "لاهمات الحياة المتكاثرة" يمكن من الوجهة النظرية أن يدمر إحدى القارات خلال أيام معدودة . وهذا إلى حد كبير جدا هو " أسوأ الحالات" نظريا ؛ ومع ذلك ، فإن التقديرات مـــن هـــذا النوع تحمل لنا رسالة بأنه لو حدث بأى حال أن نشأت تكنولوجيـــا الماكينـــات المتكاثرة ذاتيا ، فإنه لا يمكن استبعاد وقوع كارثة سريعة الانتشار .

هل يمكن أن يؤخذ تهديد "اللزجات الرمادية " مأخذا جديا ، حتى ولو كنـــا نمد مدى تنبؤنا إلى قرن فى المستقبل ؟ ان انطلاق وباء من هـــذه الماكينـــات المتكاثرة ليس فيه ما ينتهك القوانين العلمية الأساسية . ولكن هذا لا يجعل منهـــا خطراً جديا . دعنا ننظر أمر تكنولوجيا أخرى مستقبلية : ســـنجد أن اختـــراع صاروخ فضائى يتغذى بطاقة من (ضد المادة) ويصل إلى تسعين فى المائة من سرعة الضوء أمر يتوافق مع القوانين الأساسية للفيزياء ، ولكننا نعـــرف أنـــه تكنيكيا بعيد عنا كثيرا . وربما تكون هذه المتكاثرات ذات الكفاءة الفائقة والتـــى تتغذى على المحيط الحيوى ، أمرا غير واقعى بما يماثل تماما " سفينة النجوم " ، وهى مثل آخر عن كيف أن " سقف " ما يتفق مع قوانين العلم العامة (وبالتـــالى

فإنه محتمل نظريا) إنما هو أعلى بكثير مما يرجح وقوعه. هل ينبغى أن نصنف أفكار دريكسلر ، هو وغيره ، على انها مجرد روايات خيال علمى مثيرة الرعب ؟

الفيروسات والبكتريا هى نفسها ماكينات نانوية مهندسة على نحو فائق، وهى لاهمة لكل حيوان ونبات وتستطيع أن تتفوق فى أى سباق للانتخاب الطبيعى . وهكذا قد يستطيع منتقدو دريكسلر أن يحاجوا فى تساؤل عن سبب عدم تطورها بالانتخاب الطبيعى منذ زمن طويل ؟ لماذا لم يحدث للمحيط الحيوى تدمير ذاتى "طبيعى" ، بدلا من ألا يظهر ما يهدده إلا عندما تنطلق فى تسيب مخلوقات يصممها ذكاء بشرى سئ التطبيق ؟ من الممكن مقارعة هذه الحجة بالقول بأن فى استطاعة البشر أن يهندسوا بعض تعديلات لاتستطيع الطبيعة انجازها : يستطيع علماء الوراثة أن يصنعوا قرودا أو حبوب ذرة تتوهج فى الظلام بأن ينقلوا لها أحد الجينات من قنديل البحر ، فى حين أن الانتخاب الطبيعى لا يستطيع أن يصنع بهذه الطريقة جسرا عبر حواجز الأنواع . وبمثل ذلك ، ربما تستطيع النانوتكنولوجيا أن تنجز فى عقود معدودة أمورا لاتستطيع الطبيعة أن تنجزها قط .

سيحدث بعد ٢٠٠٢ أن يصبح من الأمور الشائعة تنفيذ اجراءات معقدة تتناول الفيروسات والخلايا ؛ وسنجد أن شبكات كمبيوتر متكاملة قد صارت تتولى جوانب كثيرة من حياتنا . أى تنبؤات بشأن منتصف القرن هى فى نطاق التخمينات و "السيناريوهات" ومن الممكن عندها ان تكون يرقات النانو أمرا حقيقيا ؛ والواقع أنه سيحدث وقتها أن عددا كبيرا من الأفراد قد يحاولوا صنع متكاثرات النانو ، وسيبلغ من كثرة عدد هؤلاء الأفراد أن تصبح هناك فرصة لها قدرها لأن تؤدى إحدى هذه المحاولات لقدح زناد كارثة . وسنجد أن تصور وجود تهديدات إضافية أسهل من أن نتصور وجود وسائل علاج فعالة .

هذه الأمور التى تبدو وكأنها تثير هموما بعيدة الاحتمال ، ينبغى ألا تحول انتباهنا عن شتى أوجه الإستهداف التى وُصفت فى هذا الفصل والتى هى موجودة بالفعل معنا وتتنامى . ينبغى أن تجعلنا الأمور المتوقعة من ذلك "مغمومين" ، على الأقل مثلما كان عليه من الغم الرواد من علماء الذرة منذ نصف القرن ، عندما ظهر التهديد النووى . مقدار الخطر من هذا التهديد يساوى حجمه مضروبا فى احتماله: فهذه هى الطريقة التى نقدر بها مدى قلقنا من الأعاصير ، والاصطدام بالكويكبات ، والأوبئة. لو طبقنا هذه الحسابات على مخاطر المستقبل التى يصنعها الانسان لتجابهنا، وحسبنا حاصل جمعها معا ، ستتحرك عقارب ساعة يوم الحساب بما يقترب وثيقا من منتصف الليل .

ـ ٥ ـ

الجناة والمسكنات

عندما لا يكون هناك إلا قلة من الأفـراد ذوى الخبـرة التكنيكية يستطيعون تهديد المجتمع البشـرى ، فربمـا يكون التخلى عن الخصوصية هو أقل ثمن للحفاظ على الأمن . ولكن لو اصبحنا حتى فى "مجتمع شفاف" هـل سيكون هذا المجتمع آمنا بالدرجة الكافية؟

نحن ندخل إلى عصر حيث يستطيع فرد واحد بواسطة فعل سرى واحـد ، أن يسبب ملايين الوفيات أو يجعل إحدى المدن غير صـالحة للسـكنى طيلـة سنوات ، وحيث يمكن لخلل وظيفى فى فضاء المعلومات أن يسبب دمارا علـى نطاق العالم فى قطاع مهم من الاقتصاد : كالنقل الجوى ، أو توليد الطاقـة ، أو النظام المالى . والواقع أن الكوارث يمكن أن يسببها شخص هو فحسب تنقصـه الكفاءة وليس شريرا.

تتنامى هذه التهديدات لثلاثة أسباب . الأول هـو أن القـدرات التدميريـة والفوضوية التى تتاح لفرد واحد تدرب على علم الوراثة ، أو البكتريولوجيا ، أو شبكات الكمبيوتر ، هذه القدرات تتنامى مع تقدم العلـوم ؛ والسـبب الثـانى أن المجتمع أصبح يتزايد فى الاندماج والاعتماد المتبادل (على النطاق الدولى وكذلك على النطاق القومى) ؛ والسبب الثالث ، أن الاتصالات الفورية تعنى أن التأثير السيكولوجى لإحدى الكوارث حتى لو كانت محلية له أصداء تنتشر عالميا وتؤثر فى المواقف وطرائق السلوك .

يتأتى اليوم أوضح تهديد على المستوى تحت القومى من المتطرفين الاسلاميين(*) ، الذين تحركهم قيم وعقائد من تراث سلفى بعيدة تماما عما يسود فى الولايات المتحدة وأوروبا . هناك عند الآخرين اسباب وبلايا أخرى يتم أيضا اعتناقها منطقيا بفكر أحادى النزعة ، ويمكن أن تلهم بالقيام بأفعال تساوى ذلك تعصبا وهياجا تنفذها جماعات مذهبية أو حتى أفراد من "الانعزاليين" . وبالاضافة ، هناك بعض أفراد – ممن قد تتنامى أعدادهم فى الولايات المتحدة – لهم موقف ملتبس من العقلانية، ويستطيعون فرض تهديد هو حتى أكثر صعوبة فى معالجته لو أنهم حصلوا على منفذ للوصول إلى التكنولوجيا المتقدمة .

اللاعقلانية التكنولوجية :

يتخيل بعض المتفائلين أن التعليم العلمى أو التكنيكى يقلل من النزوع تجاه التطرف اللاعقلانى و الجنوح الإجرامى . إلا أن هناك أمثلة كثيرة تكذب ذلك. هناك الطائفة الدينية "بوابة السماء " وهى وإن كانت على نطاق صغير ، إلا أنها نذير بما يمكن أن يحدث فى الغرب التكنوقراطى . كان ثمة "خلية" من أعضاء الطائفة فى كاليفورنيا تشكل مجتمعا مغلقا أفراده لديهم من الخبرة ما يكفى لتمويل أنفسهم بتصميم صفحات ويب للانترنت . إلا أن كفاءتهم التكنيكية ، واهتمامهم الحقيقى بتكنولوجيا الفضاء وغيرها من العلوم، كانت مرتبطة مع منظومة عقائدية تتحدى عقلانية الفكر العلمى . وقد حدث بالفعل أن الكثيرين من أعضاء هذه الطائفة قد قاموا بإخصاء أنفسهم : وأعلنوا على موقعهم فى ويب أنهم أُلهموا بأن يحولوا أنفسهم إلى " جسد فيزيقى ينتمى إلى (مملكة الرب) الحقيقية – المستوى التطورى الأعلى من البشر – تاركين وراءً هذا العالم الزائل الفانى من أجل عالم خالد لا يناله الفساد" .

(*) وماذا عن تهديد الأصولية الصهيونية والأمريكية ، اليس بدرجة أوضح وأقدم ؟! (المترجم)

ويؤمن أفراد الطائفة بوصول كائنات سوف تنقلهم إلى هذا المستوى الأعلى، ووصول هذه الكائنات قد بشر به أحد المذنبات : "اقتراب المذنب هيل – بوب هو (العلامة) التى كنا ننتظرها من أجل – أن يحل زمن وصول سفينة الفضاء من (مستوى ما فوق البشر) لتأخذنا إلى موطننا فى (عالمهم) . نحن مستعدون فى سعادة لمغادرة (هذا العالم)". كان هذا المذنب من اسطع المذنبات فى العقد الماضى ، وعندما اقترب لأقرب نقطة من الأرض ، أزهق تسعة وثلاثون من أفراد الطائفة حياتهم بطريقة منسقة ومعقمة ، بما فيهم قائدهم مارشال آبلهوايت.

لاريب أن حوادث الانتحار الجماعى ليس فيها جديد : فتاريخها يرجع وراء لما لايقل عن ألفى سنة . وهى تتواصل فى الأزمنة الحديثة حتى فى الغرب . قاد المبجل جيمس جونز طائفة يسوعية انسحبت إلى موقع بعيد فى جنوب أمريكا – "جونز تاون" ، فى جيانا . وحرض طائفته فى ١٩٧٢ على الانتحار جماعيا بما أدى إلى أن خُلف كل أفراد الطائفة التسعمائة أمواتا من التسمم بالسيانيد .

على الرغم من أن التكنولوجيا الحديثة تتيح الاتصال الفورى على نطاق العالم كله ، إلا أنها تسهل بالفعل من أن يبقى بعض أفراد وهم يحيون داخل شرنقة ثقافية. لم يكن أفراد مجموعة " بوابة السماء " فى حاجة للذهاب إلى غابة أمازونية ليكونوا منعزلين: فهم مع اكتفائهم الذاتى اقتصاديا عن طريق الانترنت أمكنهم أن يعزلوا أنفسهم عن أى اتصال بجيرانهم المباشرين فعلا ، بل وعن أى أفراد "أسوياء" . وبدلا من ذلك فقد تعززت عقائدهم بالاتصال الالكترونى الانتقائى بالأتباع الآخرين لعقيدتهم فى القارات الأخرى.

توفر الانترنت من حيث المبدأ منفذا للوصول إلى تنوع غير مسبوق من الآراء والمعلومات . ومع ذلك فإنها قد تؤدى إلى تضييق آفاق الفهم وأوجه التعاطف بدلا من توسيعها : فبعض الناس قد يختاروا البقاء منغلقين داخل مجتمع معلوماتى مع من يماثلونهم فى التفكير . يعمل كاس سنشتاين أستاذا للقانون فى

جامعة شيكاغو، وهو فى كتابه "ريبابليك . كوم" (republic. com) ، يطـرح أن الانترنت تتيح لنا جميعا أن " نرشح " مدخلاتنا ، بحيث لا يقرأ كل شخص إلا " الأنا اليومية" التى تُصنع حسب الطلب بما يوافق الأذواق الفردية وهى (على نحو أكثر إغواء) مطهرة من أى مادة قد تتحدى انحيازاتهم . وبالنسبة للكثيرين فإنهم بدلا من التشارك فى الخبرة مع أفراد تكون لهم مواقف وأذواق مختلفة ، سـوف يحدث فى المستقبل أنهم " سيعيشون فى مقصورات لأصـداء مـن تصـميمهم الخاص " ، فأنت " لايلزم عليك أن تقع على موضوعات وآراء ليست مما تلتمسه . وسوف تتمكن دون أى صـعوبة من أن ترى بالضبط ما تريد رؤيته ، لا أكثر ولا أقل" . من المبكر جدا أن نحاول التنبؤ بتأثير الانترنت فى التيار الرئيسـى للمجتمع (خاصة فى سياق دولى) . إلا أن هناك خطرا من أن الانترنت ستعزز الانعزال وتتيح لنا (إذا شئنا) أن نتجنب على نحو أسهل اتصالات الحياة اليومية التى تأتى بنا ، على نحو لايمكن تجنبه ، فى مواجهة آراء خلافيـة . ينـاقش سنشتاين "استقطاب الجماعة" حيث يكون هناك من يتفـاعلون فقـط مـع مـن يماثلونهم فكريا فيتعزز ما لديهم من تحيزات واستحواذات ، وينحرفـون تجـاه أوضاع أكثر تطرفا.

كانت عقيدة "بوابة السماء" مزيج فيه دمج لمفاهيم "العصر الجديد" ومفـاهيم روايات الخيال العلمى . لم تكن هذه الطائفة الدينية فريدة فى نوعها ؛ والواقـع أنها ربما تكون جزءا من اتجاه متعاود فى نشاطه . هناك طائفـة "الـرائليين " ومركز قيادتها فى كندا ، ولديها ما يزيد عن خمسين ألفا من الأتباع فى أكثر من ثمانين بلد. مؤسس هذه الطائفة وقائدها هو كلود فوريلون، وهو أصلا صـحفى يتابع سباق السيارات ، وقد زعم فى ١٩٧٣ أنه قد خطفه أغراب عـن الأرض وأعطيت له معلومات عن طريقة خلق الجنس البشرى باستخدام "تكنولوجيا دنا". يعمل الرائيليون بشدة على ترويج برنامج لاستنساخ البشـر لـيس فيـه فقـط

إشكاليات أخلاقية ، وإنما يبدو ايضا غير ناضج بدرجة خطــرة حتــى بالنســبة لأنصار هذا التكنيك.

قد يبدو أن هذه الطوائف تأتي لنا من "الهوامش" نفسها التــى يــأتى منهــا منظرو التآمر الذين يرقبون الأطباق الطائرة ، هم وغيرهم من أمثالهم . على أنه يبدو فى الولايات المتحدة أن هناك عقائد تساوى ذلك غرابة وتكاد تكون جــزءا من التيار الرئيسى . هناك ملايين ممن يؤمنون "بالنشوة" – وذلك عندما يــنقض المسيح عائدا للأرض وينقل المؤمنين الحقيقيين عاليا إلى الســماء – أو الــذين يؤمنون بأن "العصر الألفى السعيد" كما يصوره "سفر الرؤيا" أصبح وشيكا . أما مستقبل هذا الكوكب ومحيطه الحيوى على المدى البعيد فهما مما لايهتم به هؤلاء المؤمنين "بالألفية السعيدة" ، والذين توصل بعض منهم إلى أن يكون لهم نفوذهم فى الولايات المتحدة. (حدث خلال إدارة ريجان أن عهــد بالسياســات البيئيــة وسياسات الطاقة إلى جيمس وات ، وهو أصولى متدين شغل منصــب وزيــر الداخلية . وكان يؤمن بأن العالم سوف ينتهى قبل استنفاد البترول وقبل أن نعانى من نتائج الاحترار الكوكبى وإزالة الغابات ، وبالتالى فإنه يكاد يكون من الواجب علينا أن نكون مسرفين فى استخدام موارد الأرض التــى أمــدتنا بهــا العنايــة الآلهية).

بعض أفراد هذه الطوائف ، مثل أعضاء "بوابــة الســماء" لايهــددون إلا أنفسهم. لن يكون من الانصاف أن نجعلهم كلهم من الشياطين ، أو أن ندمج بين معتقدات متباينة تماما . وبالطبع فإن هذه الطوائف التى يتعاود نشاطها لا تشكل إلا قطرة من "عرض جانبى" عندما تقارن بالايــديولوجيات التقليديــة . فثمــة متحمسون لديهم تعصــب دينى تقليدى ، يرتبط مع ما يوجد من هوس وقســوة لا ترحم فيما يتعلق بقضايا أحادية كما مثلا بالنسبة للمتطرفين من أنصار حقوق الحيوان فى الولايات المتحدة والمملكة المتحدة ، وهؤلاء يمكن أن يتشكل مــنهم خليط فيه تهديد ، خاصة عندما يصحب ذلك تعقد تكنيكى . تتــيح الانترنــت أن

تصبح هذه الجماعات منتظمة كما تقدم لهم فرصة الوصول إلى الخبرات التكنيكية . أصبح نظامنا الاقتصادى يتزايد هشاشة وتشابكا بحيث أن بضعة أفراد لاغير لديهم هذا النوع من العقلية ولديهم توصل للتكنولوجيا الحديثة ، سيكون فى استطاعتهم ممارسة قدر هائل من "الفعالية" .

وحتى لو أمكننا التغلب على أحد الأحداث الفوضوية ، إلا أن تعاقب عدد منها، وتضخم تأثيرها السيكولوجي بواسطة وسائل الاتصال والاعلام التى تتزايد أبدا فى إقناعها للناس ، هذا كله سيحدث منه تآكل متراكم . عندما يتنبه الناس إلى أن أحداثا كهذه يمكن أن تقع دون تحذير ، سنجد أن هذا يقتضى ثمنا اجتماعيا باهظا . وإذا كنت فى مناطق تتعرض للأحداث الإرهابية ستعرض عن المغامرة بركوب شاحنة إذا كنت تخشى أنه قد يكون هناك انتحارى متفجر بين زملاءك من الركاب ؛ وسوف تتردد فى أن تقدم أفعالا من المعروف إلى الغرباء؛ وسوف يلتمس أصحاب الامتيازات ملجأ يحميهم فى مجتمعات مقفلة الابواب أو مناطق محمية . وقد يؤدى الارهاب المتضخم فى المستقبل إلى أن يُحدث فى العالم كله هذا الانهيار فى المجتمع والانهيار فى الثقة .

من الواضح أن هذه الأمور المثيرة للقلق تؤدى إلى مزيد من الحفز للدول وللمجتمع الدولى للعمل على أن تقلل إلى أدنى حد من عوامل السخط والظلم التى تعطى ذرائع للاحساس بالاضطهاد . على أن من الواضح حتى من خبرة الولايات المتحدة مؤخرا أن المشاكل الداخلية للطوائف العدمية أو طوائف أسفار الرؤيا هم والأفراد المضطهدين هى كلها مشاكل تصعب على الحل .

هل الرقابة مع التدخل هى الإجراء الوقائى الأقل سوءا ؟

سيكون أحد الإجراءات المسكّنة هو تقبل الفقدان التام للخصوصية ، مع حشد تكنيكات جديدة للحفاظ على رقابة مشددة علينا جميعا . أصبح الاشراف الشامل أمرا يتزايد إمكان تنفيذه تكنيكيا ، ويمكن ببساطة أن يكون إجراء وقائيا

ضد الأنشطة السرية غير المرغوب فيها . يناقَش الآن . بالفعل مناقشة جديـة أمر تكنيكات مثل أن تُزرع جراحيا أجهزة بث من أجل أن يُتابع مثلا مجرمـون تحت المراقبة بعد الافراج عنهم . سيكره معظمنا كرها عميقا أن يتعرض كـل المواطنين لمعاملة من هذا النوع، ولكن لو أن التهديدات تصاعدت ، فإننـا قـد نذعن إلى الحاجة لهذه الاجراءات ، وربما يجد الجيل التالى أنها أقل تنفيرا .

سيكون من المرفوض رفضا صريحا أى رقابة من النوع "الأورويلى(*) " ، بالأسلوب الشمولى التقليدى ؛ مالم تكن تكنيكات التشـفير تتصـف بقـدر مـن المسايرة، فإنها ستكون حتى أكثر اقتحاما مع كل تقدم تكنيكـى. ولكـن دعنـا نفترض أن الرقابة ستكون ذات اتجاهين ، بحيث يستطيع كـل واحـد منـا أن "يتجسس" على الحكومة ، بل وأن يتجسس على كل واحد آخر . كتب دافيد برين رواية خيال علمى عنوانها "المجتمع الشفاف" ، ناقش فيها ، ربما مناقشة مستفزة، أن هذه المراقبة "السمترية" (بل والأكثر اقتحاما) قد تكون أدنى طريقـة مقبولـة لضمان مستقبل أكثر أمنا . وهى ولا ريب تتطلب تغييرا فى المنحى الفكـرى . ولكن هذا أمر يمكن أن يكون واردا. تنتشر فى بريطانيا الآن انتشارا واسعا نظم دوائر التليفزيون المغلقة ، ويرحب بها عموما كإجراءات أمن تبعث الطمأنينة ، رغم أنها تُفقد الخصوصية . يحدث بالفعل الآن تسجيل المزيـد والمزيـد مـن المعلومات حول ما نفعل – ماذا نشترى ، أين ومتى نسافر ، وما إلى ذلـك – ويسجَّل ذلك على "بطاقات ذكية" تُستخدم لشراء سلع أو تـذاكر سـفر ، وكلمـا استخدمنا تليفونا محمولا . تنتابنى الدهشة لكثرة عدد أصدقائى الـذين يضـعون بإرادتهم أمورا شخصية حميمة على صفحات ويب ، مفتوحة للعالم كلـه. وإذن فربما يتقبل أعضاء "المجتمع الشفاف" أوضاعه حيث لا يمكـن أن يفلـت مـن الملاحظة أى سلوك منحرف ، باعتبار أن ذلك أفضل من البدائل الأخرى .

(*) نسبة إلى جورج أورويل (١٩٠٣ – ١٩٥٠) الروائى الانجليزى الذى ألف رواية "أوروبا ٨٤" يندد فيها بالنظم الشمولية . (المترجم)

يجرى فى أوروبا والولايات المتحدة التخمين بسيناريوهات مستقبلية لايبدو فيها الا أدنى علاقات هامشية مع سائر العالم ، الذى يحرم فيه الفقر معظم الأفراد من المزايا الأساسية لتكنولوجيا القرن الحادى والعشرين . إلا أن هذه الشفافية يمكن أن تنتشر انتشارا عالميا مثلما انتشر التليفون المحمول والانترنت.

كيف سيؤثر هذا الانتشار فى العلاقات بين الدول الغنية والفقيرة ؟ لا يوجد غير قلة من الأفراد غير الأفريقيين الذين لديهم معرفة مباشرة بأفريقيا ما تحت الصحراء ، وذلك فيما عدا ما يعرفونه من خلال الأفلام وتقارير الأخبار التليفزيونية. ترى كيف سيتغير الإدراك الأمريكى والأوروبى لسائر العالم عندما يكون فى الإمكان وجود صلات شخصية مباشرة ؟ سنجد من وجهة النظر المتفائلة أنه ستظهر براهين حية نابضة فى "الزمان الواقعى" عن الاحتياجات الشخصية – فى أمور مثل حالة مرضى الأيدز الذين لا يمكنهم أن يتحملوا ثمن العلاج الأساسى ولو كان حتى بدولار واحد فى اليوم – الأمر الذى يستثير الكرم الفردى بطريقة أكثر فاعلية من الرسائل والصور التى تصل عرضا للمتبرعين للبرامج التقليدية للرعاية الخيرية . إلا أنه يبدو أن من غير المرجح لأولئك الذين ينسحبون فى الولايات المتحدة إلى المجتمعات ذات البوابات ، فينعزلون عن الفقراء حتى فى جيرتهم هم أنفسهم، من غير المرجح أنهم سيمدون يدهم إلى شعوب أفريقيا اليائسة . وحتى لو سنحت لهم الفرصة لمساعدة هذه الشعوب والحفاظ على الاتصال بها بالفيديو، فإنه سرعان ما سيحل بهم "التعب من الرحمة" . والواقع أن هذا قد يكون مثل آخر حيث يؤدى عالم المعلومات إلى تقسيم اجتماعى أكثر حدة .

ومن الجانب الآخر ، سنجد أن أولئك الذين يعيشون فى أفريقيا وجنوب آسيا، سينفذ إلى وعيهم على نحو أكثر الحاحا ما هم عليه من حرمان نسبى ، خاصة إذا أصبح (كما هو محتمل) توصلهم إلى الفضاء المعلوماتى أرخص من إمدادهم بما هو أساسى من وسائل الصحة العامة ، والطعام ، والرعاية الصحية.

هكذا سيصبح الملايين فى الدول الفقيرة أقل سكينة ، وأكثر وعيا بالتناقضات مع المناطق الأكثر امتيازا ، كما يصبح لديهم الوسائل التكنيكية لخلق فوضى رئيسية. ليست الأصولية الدينية هي وحدها التى يمكن أن تقدح الزناد للعداء الغاضب من الغرب . لو أن العالم النامى كله قد اتخذ ما يسمى بالقيم الغربية ، سيشعر المحرومون من المزايا بمرارة أكثر من الامتيازات غير المتساوية الناتجة عن العولمة ومن نظام الحوافز الاقتصادية التى توفر الفوائض للأغنياء بدلا من أن توفر الضروريات للمحرومين .

هل يمكن أن نبقى على انسانيتنا ؟

حتى الآن ظل ما يشكل المجتمعات هو الدين ، والأيديولوجية ، والثقافة ، والاقتصاد ، والسياسات الجغرافية . وظلت كل هذه العناصر – مع ما فيها من تباين هائل – الذريعة للنزعات الداخلية والحروب . على أن أحد العناصر التى بقيت لا تتغير عبر القرون هو الطبيعة البشرية . إلا أنه سيحدث فى القرن الحادى والعشرين أن تؤدى العقاقير ، والتحوير الوراثى ، وربما زرع رقائق السليكون فى المخ ، إلى تغيير أفراد البشر أنفسهم – تغيير عقولهم ، ومواقفهم بل وحتى تكوينهم الجسدى .

مازال إحداث تغيرات وراثية فى المستقبل فى السكان البشر أمرا سيتطلب عدة أجيال – وان كان هذا يحدث أسرع كثيرا من أى مما يحدث من التغيرات التطورية الطبيعية . على أن التغيرات فى المزاج والعقلية يمكن أن تنتشر حتى بسرعة أكبر خلال عشائر سكانية بأكملها عن طريق عقاقير الإدمان (أو ربما عن طريق التزريعات الالكترونية) .

يحاج فرانسيس فوكوياما فى كتابه " مستقبلنا ما بعد البشرى" بأن استخدام الأدوية التى تعدل المزاج استخداما شاملا وبحكم العادة سيؤدى إلى تضيق وإفقار نطاق الشخصية الانسانية . وهو يستشهد باستخدام البروزاك كمضاد للاكتئاب والريتالين لإخماد فرط النشاط فى الأطفال المفعمين بنشاط فائض وإن كانوا فيما

عدا ذلك أصحاء: واستخدام هذه الأدوية أصبح يؤدى فعلا إلى تضـــييق مـــدى الأنماط الشخصية التى تُعد سوية ومقبولة . يتنبأ فوكوياما بمزيد من التضـــييق فى المستقبل ، عندما تظهر عقاقير جديدة ، يمكنها أن تهدد ما يعتبره أنه جوهر انسانيتنا .

الواقع أنه سرعان ما سيكون فى الإمكان أن يؤدى حقن هرمونـــات تـــؤثر مباشرة فى المخ إلى إحداث تغيرات فى شخصيتنا أقوى كثيرا وأشد "اســـتهدافا" مما يحدثه بروزاك والأنواع المماثلة له . تبين أن هرمون بى واى واى ٣-٣٦ (PYY3-36) يزيل الاحساس بالجوع بتأثيره المباشر فى منطقة الوطاء(*) بالمخ. أحد المتخصصين فى هذا التكنيك هو ستيف بلوم بمستشفى هامر ســـميث فـــى لندن، وقد عبر عن مخاوفه مما قد يؤدى له هذا البحث حتى ولو خـــلال عشـــر سنوات: "إذا استطعنا تغيير رغبة الناس فى الطعام ، فإننـــا سنســـتطيع تغييـــر رغبات أخرى أكثر عمقا : فالوطاء هو أيضا موطن دوائر المخ التى تؤثر فـــى الدافع الجنسى والتوجه الجنسى".

يخشى فوكويوما من أن العقاقير ستستخدم على نحو شامل لتقليل النزعـــات المتطرفة فى المزاج والسلوك ، ويخشى من أن نوعنا يمكن أن يتفسخ إلى نـــوع من جثث حية شاحبة مذعنة : فيصبح المجتمع مدينة فاسدة(**) تشبه ما فى رواية ألدوس هكسلى "عالم شجاع جديد " . وحتى لو بدونا متماثلين ، فإننا لن نكـــون انسانيين انسانية مكتملة . يفضل فوكويوما أن يكون هناك تحكم قوى فـــى كـــل العقاقير التى تغير الذهن. لاتوجد حاجة لأن يكون الحظر فعّالا إلى حد مائة فى المائة إذا كان الهدف هو أن نتفادى ذلك اليوم الـــذى يمكـــن فيـــه محـــو كـــل الشخصيات المتطرفة . لن يكون هناك إلا أقل تأثير عام فى الشخصية القوميـــة إذا حدث على الرغم من اللوائح أن قلة من الجانحين ربما ستتمكن من التوصـــل

(*) الوطاء منطقة بالمخ تشكل قاع بطينه الثالث وجزء من جدرانه الجانبية . (المترجم)

(**) فى تقابل مع المدينة الفاضلة أو اليوتوبيا. (المترجم)

إلى العقاقير باتباع تكتيكات غير قانونية ، أو بالسفر من بلدهم إلى بلد آخر فيه لوائح أكثر تساهلا.

على أن ما يثير انزعاجي هو ملاحظة لفوكويوما . تحوى "الطبيعة البشرية" تنوعا ثريا من أنماط الشخصيات ، ولكن هذه الشخصيات تتضمن أولئك الذين ينجذبون تجاه الحافة الساخطة . سيكون التأثير المخرب الفوضوى لمجرد أفراد معدودين من هذا النوع تأثيرا يتزايد أبدا فى مفعوله المدمر كلما تنامت قدراتهم وخبرتهم التكنيكية ، وكلما أصبح العالم الذى نشارك فيه أكثر تشابكا فى اتصالاته.

منذ ثلاثين عاما تنبأ عالم السيكولوجيا ب. ف. سكنر فى كتابه " مابعد الحرية والكرامة " ، بأنه قد تظهر حاجة إلى بعض نوع من التحكم فى العقل لتجنب انهيار المجتمع ؛ وحاج بأن " تكيف " السكان بأسرهم هو شرط مسبق للمجتمع حتى يرضى أعضاؤه بالعيش فيه ، وحتى لا يرغب أحد منهم فى إفقاده استقراره .

كان سكنر سلوكيا(*) ، وقد أصبحت الآن نظرياته الميكانيكية عن "الاستجابة للمنبه " نظريات معيبة . إلا أن القضية التى ألقى الضوء عليها قد أصبحت الآن أكثر حدة لأن أوجه التقدم العلمى تتيح للشخصية "المنحرفة" حتى ولو كانت شخصية واحدة، أن تسبب فوضى شائعة . ولو أن عالم نفس من زمننا الحالى شُجع على أن يطرح دواء لكل الأمراض ، فإن الأمر سيشبه على نحو يثير السخرية كابوس فوكويوما ما بعد البشرى : عشائر من السكان قد جُعلت فى حالة من الدعة والإذعان للقانون بواسطة "عقاقير مصممة" وتدخل وراثى يستطيعان "تصحيح" التطرفات القصوى فى الشخصية . بل إن علم المخ فى

(*) السلوكية مدرسة فى علم النفس تلتزم فى نظرياتها بأن تدرس فحسب طرائق السلوك القابل للقياس ، دون اعتبار للشعور والذهن ، وتعول فحسب على المنهج التجريبى وتأثير البيئة على الكائن الحى . وهى هكذا مذهب مادى ومرتبط بالتطور . (المترجم)

المستقبل قد يتمكن حتى من "تحوير" شخصيات الأفراد الذين قد يؤدى بهم منحاهم الفكرى إلى أن يصبحوا ساخطين سخطا خطرا : وهذا حتى توقع أكثر انتماء للمدينة الفاسدة .

كتب فيليب ك. ديك رواية خيال علمى عجائبية (فانتازيا) إسمها "تقرير الأقلية" (وقد تحولت الآن إلى فيلم من أخراج ستيفن سبيلبرج) وفيها أفراد "ثانويون" ، وهم بشر شاذون عقليا يُربون خاصة لدورهم ، ويستطيعون التعرف على أولئك الذين يرجح أنهم سيرتكبون جرائم فى المستقبل ؛ ويتم بعدها بحث دقيق وقائى للعثور على هؤلاء المجرمين المحتملين وحبسهم فى دن ضخم. إذا كانت نزعاتنا ستتحدد فى الواقع بالوراثيات والفيزيولوجيا (ولايزال من غير الواضح إلى أى مدى سيكون ذلك) فإن التعرف على المجرمين المحتملين ربما سيصبح سريعا مما لا يتطلب قدرات نفسية . سيحدث عندها ضغوط متنامية لتأسيس هذا النوع من الفعل الوقائى فى العالم الواقعى ، كإجراء وقائى ضد اى اعتداءات وحشية – مما تتزايد أبدا فى كارثيتها مع كل تقدم تكنيكى – والذى يمكن أن يصنعها حتى ولو فرد واحد جانح .

وكما يلاحظ ستيوارت براند ، فإن حضارتنا " وهى تجتاز الهاوية تتزايد دائما فى ارتباطها الوثيق وفى الاعتماد فى فاعليتها على بنية فوقية محكمة من تكنولوجيا فائقة الرقى ، يعتمد كل جزء فيها على نجاح كل جزء آخر" . هل يمكن حماية جوهرها دون أن تضطر الانسانية إلى التضحية بتنوعها وفرديتها ؟ هل يجب علينا حتى نبقى احياء أن تسوسنا بالترويع دولة بوليسية ، ونحن محرومون من كل خصوصية ، أو قد حولتنا المسكنات إلى السلبية ؟

أو أن من الممكن الإقلال من التهديدات بأن نضع كوابح على التهديد الكامن فى العلم والتكنولوجيا بل وبأن ننبذ حتى بعض مناطق من البحث العلمى نبذا كاملا ؟

- ٦ -

كبح مسار العلم ؟

تقدم لنا علوم القرن الحادى والعشرين توقعات مشرقة، ولكنها لها ايضا جانبها المظلم.

سنجد أن وضع قيود أخلاقية على البحث ، أو التخلى عن التكنولوجيات التى فيها تهديد محتمل، هى أمور تصعب الموافقة عليها بل ومن الأصعب حتى أن ننفذها.

هناك مجلة اسمها " مجلة وايرد" (المجلة السلكية) ، وهى مجلة شهرية مصقولة تركز على الكمبيوترات والأجهزة الالكترونية ، وقد افتتحت سلسلة مقالات اسمها "رهانات طويلة" . والفكرة منها هى تجميع بعض تنبؤات عن التطورات التى ستحدث مستقبلا فى المجتمع ، والعلم ، والتكنولوجيا ، وبالتالى إثارة النقاش عن ذلك . تنبأت استر دايسون ، إحدى أساتذة الأنترنت ، بأن روسيا ستصل إلى التفوق فى صناعة المبرمجات عالميا خلال عشر سنوات . تراهن الفيزيائيون حول طول الزمن الذى ستتطلبه صياغة نظرية موحدة(*) للقوى الأساسية ، بل وتراهنوا حتى على ما إذا كان هناك أى وجود لهذه النظرية. وكان هناك رهانا آخر حول ما إذا كان أى من الأفراد الذين يعيشون الآن سوف يحيا حتى عمر ١٥٠ سنة ، وهو أمر ليس بغير المعقول ، لو اعتبرنا معدل التقدم فى الطب ، ولكنه رهان غريب من حيث أن المتكهنين به لايتوقعون هم أنفسهم أن يبقوا أحياء زمنا كافيا لأن يشهدوا نتائجه .

(*) النظرية الموحدة : يحلم الفيزيائيون دائما بايجاد نظرية أو معادلة واحد تشمل القوى الأربع الرئيسية فى الكون ، وهى الجاذبية والكهرومغناطيسية ، والقوى النووية الضعيفة ، والقوة النووية القوية ، ولم يتحقق هذا الحلم حتى الآن . (المترجم)

وضعتُ ألف دولار على الرهان التالى : " أنه بحلول سنة ٢٠٢٠ سيقع حدث من خطأ بيولوجى أو إرهابى بيولوجى يؤدى لقتل مليون فرد " .

وأنا بالطبع آمل متحمسا أن أخسر هذا الرهان . ولكننى بأمانة لا أتوقع ذلك. يتطلب هذا التنبؤ النظر فى المستقبل لما يقل عن عشرين عاما. أعتقد أن نسبة احتمال هذا الخطر ستظل عالية حتى لو حدث "تجميد" لأى تطور جديد ، بما يجعل الجناة المحتملين لارتكاب هذه الاعتداءات الوحشية أو الاخطاء الضخمة يواصلون فحسب النفاذ إلى تكنيكات وقتنا الحالى لاغير. على أننا نجد بالطبع أنه ما من موضوع آخر يتزايد التقدم فيه بمعدل أسرع مما فى البيوتكنولوجيا ، بحيث أن تقدمها هكذا سيؤدى إلى تكثيف المخاطر وتعزيز تنوعها .

يبدو بما يثير الدهشة أن هناك ما يخرس أى محاولة لإثارة القلق فى المجتمع العلمى . تستطيع التكنولوجيات الجديدة أن تقدم بوضوح مزايا هائلة، ويتخذ معظم العلماء موقفا بأنه كثيرا ما يكون أفضل علاج لمساوئ هذه التكنولوجيات (أو لتوجيهها توجيها مختلفا) هو مزيد من التكنولوجيا ؛ وهم متنبهون إلى أننا قد يضيع علينا الكثير إن لم نندفع قدما للأمام . حدث فى الأيام الأولى من عهد البخار أن مات مئات من الأفراد ميتة شنيعة عندما كانت تنفجر المراجل التى أسئ تصميمها ؛ وحدث بمثل ذلك أن كان الطيران مفعما بالمخاطر فى أيامه الأولى . ومعظم العمليات الجراحية، حتى وإن صارت الآن روتينية ، كانت فى مرحلة الريادة عمليات خطرة وكثيرا ما كانت مميتة . يجرى كل تقدم بطريقة "التجربة والخطأ" ، على أننا يمكننا أن نجعل سقف العتبة الفاصلة فى مستوى أعلى عندما يكون هناك تقبل للخطر عن طيب خاطر، وعندما تكون إمكانات "الجانب المفيد" فى الأمر كبيرة (كما فى حالة الجراحة) . ألقى فريمان دايسون الضوء على هذه القضية فى مقال عنوانه "الثمن الخفى لأن نقول لا" . وهو يؤكد على أن انشاء وإدخال عقاقير جديدة أمر يتعرض للإحباط – بما

يؤدى أحيانا إلى الإضرار بالكثيرين ممن يكون فى الإمكان انقاذ حياتهم بهذه الوسيلة – وذلك نتيجة ما يطلب من تجارب مطولة باهظة عن سلامة الدواء قبل الموافقة عليه .

على أن الأمر يختلف عندما لا يكون هناك خيار أمام من يتعرضون للخطر، ولا يكون أمامهم فرصة للحصول على أى ميزة تعوضهم ، وذلك إذا كان ممكنا أن يكون "الحال الأسوأ " هو كارثة ، أو حين يكون احتمال الخطر مما لايمكن حساب مقداره. وفيما يبدو ، فإن بعض العلماء يتخذون موقفا بالإيمان بالقضاء والقدر إزاء احتمالات الخطر ؛ أو أنهم بغير ذلك يكونون متفائلين ، أو حتى راضين ، من أنه يمكن تفادى "الجوانب السيئة" الأكثر تضحية . قد يوضع هذا التفاؤل فى الموضع الخطأ ، وبالتالى فإننا ينبغى أن نسأل ، هل يمكن أن ندرأ المخاطر الأكثر صعوبة فى علاجها بأن " نبطئ المسار" فى بعض المجالات ، أو بأن نضحى ببعض من الصراحة التقليدية فى العلم ؟

يتقبل العلماء الحاجة إلى وضع قيود للتحكم فى طريقة عملهم ، وطريقة تطبيق اكتشافاتهم . تؤدى اوجه التقدم البيولوجية إلى تفتيح أعداد تتزايد أبدا من التطبيقات الممكنة – استنساخ البشر ، الكائنات الحية المعدلة وراثيا ، وغير ذلك – حيث يستدعى الأمر إجراء تنظيم . يكاد يوجد فى كل اكتشاف قابل للتطبيق إمكان للشر مثلما يوجد فيه إمكان للخير . لن تجد عالما مسئولا يعيد ترديد كلمات د. مورو، الشخصية الروائية الشريرة عند هـ.ج.ويلز ، حيث يقول ، "انطلقت فى هذا البحث متبعا بالضبط الطريق الذى قادنى هذا البحث إليه . هذه هى الطريقة الوحيدة التى سمعتها بأى حال عن مسار البحث الحقيقى . كنت أسأل سؤالا ، وأبتكر بعض طريقة للحصول على الإجابة ، ثم أحصل على سؤال جديد ... لم يعد ذلك الشئ أمامك هو أحد الحيوانات ، أو كائن يزاملك ، وانما هو مشكلة ... ما كنت أوده .... هو أن أجد الحد الأقصى من اللدونة فى شكل حى " .

الكبح الذاتى للعلم

من الواضح أن هناك ما يبرر وضع قيود إذا كانت التجارب نفسها تفرض مخاطرا ، كما يكون الأمر مثلا عند تخليق جراثيم مرضية خطرة قد تنفلت هاربة، أو عند توليد تركيزات قصوى من الطاقة . أحيانا يذعن العلماء لقرارات مفروضة ذاتيا بالتوقف عن إجراء أبحاث فى اتجاهات معينة . إحدى السوابق فى ذلك كانت ما أعلنه فى ١٩٧٥ علماء البيولوجيا الجزيئية المرموقون من الإحجام عن بعض أنواع التجارب التى أصبحت ممكنة بواسطة التكنيك الجديد وقتها ، أى تكنيك دنا المولّف(*). كان هذا تاليا لمؤتمر فى أسيلومار بكاليفورنيا دعا إليه بول برج من جامعة ستانفورد. سرعان ما أصبح قرار الإيقاف الصادر فى أسيلومار يُعتبر كنوع من حذر مفرط، وان كان هذا لايعنى أنه كان غير حكيم وقتها ، ذلك أن مستوى احتمال الخطر كان وقتها غير أكيد حقا . يرى جيمس واطسون الذى شارك فى اكتشاف تركيب اللولب المزدوج لجزئ دنا ، أن هذه المحاولة للتنظيم الذاتى تعد خطأ عند التبصر فى الماضى. (يُعد واطسون عموما بأنه "مندفع" فيما يتعلق بتطبيقات البيوتكنولوجيا، حيث يعتقد أننا ينبغى ألا نكون مكبوتين عند استخدام معرفتنا الجديدة للوراثيات من أجل "تحسين"البشرية . وهو يسأل فى تفاصح "إذا لم يقم البيولوجيون بدورهم الخلاّق ، من الذى سيفعل ذلك ؟") . إلا أن دافيد بالتيمور أحد المشاركين الآخرين فى أسيلومار ظل فخورا بهذا الحدث: وفى رأيه أنه كان من الصواب " أن يشارك المجتمع فى التفكير حول المشاكل ، وذلك لأننا ندرك أن أفراد المجتمع يمكن لهم أن يمنعونا من تحقيق المزايا الهائلة لهذا البحث ، إلا إذا تكيّفنا معهم وقدناهم فى التفكير فى المشاكل " .

(*) تكنيك دنا المولف تكنيك فى الهندسة الوراثية لإدخال جزء من دنا أو جين من أحد الأنواع إلى دنا نوع آخر ، لإضفاء إحدى الصفات الوراثية للنوع الأول على النوع الثانى ، من ذلك إدخال جين الانسولين البشرى فى دنا خلية البكتريا لتنتج البكتريا الهرمون البشرى. (المترجم) .

يبدو أن حدث آسيلومار كان سابقة مشجعة ، فقد أوضح أن مجموعة دولية من العلماء القادة يمكن أن تتفق على تنظيم فيه انكار للذات ، وأن نفوذهم في مجتمع الأبحاث فيه ما يكفى لضمان تنفيذ ذلك . بل أنه يوجد الآن أسباب أكثر لممارسة وضع القيود ، إلا أن التوصل الآن إلى اجماع آراء اختيارى أمر أصعب كثيرا من ذى قبل : فقد أصبح المجتمع أكبر كثيرا وأصبحت المنافسة أشد (وقد تعززت بالضغوط التجارية).

يوجد فى بلاد كثيرة دليل إرشاد رسمى وشروط للترخيص باجراء تجارب على الحيوانات ، الأمر الذى ، تدفع إليه هواجس قلق انسانية . وعلى كل ، توجد "منطقة مضببة " من التجارب ، هى إن كانت ليست تجارب وحشية ولا خطرة ، إلا أنها تثير رد فعل من النفور يؤدى بالبعض إلى الحث على وضع لوائح تنظيم أوسع نطاقا .

يستخدم علماء أخلاقيات البيولوجيا مصطلح "عامل القرف" ليدل على النكوص وجدانيا عن ارتكاب انتهاكات لما ندرك أنه النظام الطبيعى . أحيانا يكون هذا النوع من رد الفعل مجرد انعكاس لنزعة محافظة بلا تفكير ، وهى نزعة تتآكل عندما تصبح فى حالة ألفة مع التكنيك الجديد : أثارت عمليات زرع الكلى هذا النوع من رد الفعل عندما أُدخلت لأول مرة ، ولكنها الآن مقبولة على نطاق واسع ؛ والواقع أنه قد حدث ذلك حتى مع عمليات زرع القرنية . نشرت الصحف صور لفأر غُرس فيه قالب نُمّى عليه نسيج فى شكل أذن بشرية ، يكاد حجمها يصل إلى حجم باقى جسم الفأر ، وأثارت هذه الصور رد فعل من "القرف!" مبالغ فيه ، رغم التأكيدات بأن الفأر نفسه كان مسترخيا بالنسبة لما عولج به وغافلا تماما عن الطريقة التى يبدو بها.

لدىّ شخصيا استجابة "بالقرف !" من التجارب العدوانية التى تغير طريقة سلوك الحيوانات . أجرى علماء الفيزيولوجيا فى المركز الطبى لجامعة نيويورك

فى بروكلين عملية غرز لاقطاب كهربائية (الكترودات) فى أمخاخ الجــرذان. يقوم أحد الالكترودات بتنبيه " مركز المتعة " بالمخ ؛ ينشّط الكتــرودان آخــران المناطق التى تعالج الاشارات من شوارب الجرذ اليسرى واليمنى . حولت هــذه العملية البسيطة الحيوانات إلى نوع من جرذ روبوتى أو "جرذ وبــوتى" يمكــن توجيهه يسارا أو يمينا ، وأن يُجبر على السلوك فى أنماط يبدو فيها على نحــو مباشر أنه سلوك يضاد غرائز الجرذ . ليس من الضــرورى أن تكــون هــذه العمليات قاسية بالنسبة للجرذان ، وهى بمعنى ما لا تختلف عن الطريقة التى يتم بها تلجيم ودفع الحصان أو الثور . ومع ذلك فإن مثل هذه التجــارب يمكــن أن يكون فيها نذير بالتدخل بإحداث تعديلات (فى الانسان مثلما فى الحيوان) تقتطع منه ما يشعر الكثيرون بأنه ينبغى أن يظل داخل طبيعتهم المتأصلة ؛ يتولــد رد الفعل نفسه باستخدام تكنيكات هرمونية أكثر تعقدا لتعديل عمليات التفكير .

لعل هناك قلة لاغير يكون رد فعلها بهذه الطريقة المبالغ فيها ضــد هــذه التجارب على الفئران والجرذان . وعلى أى حال فإن هناك بعض العمليات التى قد تصبح ممكنة سريعا ، ويمكن أن تقدح زناد هذا النفور على نطاق واسع بحيث أنه سيكون هناك ولاريب ضغوط لحظرها : من ذلك مثلا "تصميم" حيوانات بلا إحساس (وسيحاج عندها بأنها) سيكون لها الوضع الأخلاقى نفسه مثل النباتات وبالتالى يمكن التعامل معها تعاملا مروعا دون أى وجه للنــدم أخلاقيــا علــى الاطلاق . (ستتخلص صناعة الطعام عندها من الضغط عليها للتخلى عن طريقة تعاملها الشديدة الوحشية مع حيوانات المزرعة – المصانع) . بل وهناك اشــباه الانسان المنقوصة المخ التى يمكن جنى اعضائها كقطع غيــار ، والتــى تبــدو أخلاقيا أكثر اشكالية . ومن الناحية الأخرى فإن نقل أعضاء مــن الخنــازير أو الحيوانات الأخرى إلى الانسان ينبغى ألا يثير مشاكل أخلاقية إلا فيما يتعلق بأكل اللحم ، وإن كان هذا التكنيك (نقل الاعضاء من نوع حيوانى آخر) هو ربما مما سيتم حظره – بصرف النظر عن الاحكام الأخلاقية – بسبب المخاطر مــن أن

أمراضا حيوانية جديدة يمكن إدخالها هكذا فى السكان من البشر . وفيما يبدو فإن استخدام الخلايا الجذعية(*) لتنمية عضو بديل فى موضع العضو نفسه هو أكثر البدائل المقبولة بدلا من جراحة نقل الأعضاء ، التى كثيرا ما تتطلب الانتظار فى توتر ، مع الرغبة المتضاربة ، إن لم يكن اللهفة ، لوقوع اصطدام بسيارة أو أى بلوى مشابهة لتوفير "واهب" مناسب .

لعل تكنيكات استنساخ الحيوان ستصبح سريعا روتينية ، ولكن محاولات استنساخ الانسان تثير رد فعل " بقرف ! " واسع النطاق . رُوجت إشاعات على أن طائفة الرائيليين قد استنسخت بالفعل مئات الأجنة . يعارض العلماء المسئولون أى محاولات للاستنساخ بسبب ما يرجح من أنه حتى لو استمر الحمل حتى نهايته ، فإن الوليد الناتج يمكن أن يعانى من تلف مدمر . وعلى الرغم من الاعتراضات الأخلاقية العامة ، والاحتمال الكبير لأن تكون المواليد معيبة ، إلا أنه لاريب أن المسألة هى مسألة وقت من سنوات فحسب سيولد بعدها أول انسان مستنسخ.

عندما نختار طريقة لتطبيق العلم – بالنسبة للطب ، والبيئة ، وما إلى ذلك – فإن هذه الخيارات ينبغى أن تناقَش فى دوائر تتجاوز كثيرا المجتمع العلمى. وهذا هو أحد الأسباب فى أن من المهم فيما ينبغى أن يكون لدى جمهور واسع الاحساس الأساسى بالعلم ، فيعرف على الأقل الفارق بين البروتون والبروتين . وإلا فإن النقاش من هذا النوع لن يجرى بما يتجاوز الشعارات ، أو أنه سيدار على مستوى الأبواق بواسطة عناوين إثارة فى الصحف الصفراء . ينبغى ألا يكون لآراء العلماء ثقل خاص بالنسبة للأسئلة المصيرية التى تتضمن أخلاقيات أو مخاطر : والواقع أن من الأفضل أن تترك هذه الأحكام لمجموعات أعرض وأكثر موضوعية . احد المعالم التى يرحب بها فى "مشروع الجينوم البشرى"

(*) الخلية الجذعية خلية غير متخصصة تتحول لتكون خلية نسيج متخصص كخلية للدم أو القلب مثلا.(المترجم)

الممول بالأموال العامة هو أن جزءا من الميزانية خصص على وجـه خـاص لمناقشة وتحليل التأثير الأخلاقى والمجتمعى للمشروع .

ممـولو العلم

لا يمكن أن نفصل بين البحث العلمى ودوافعنا لمتابعتـه ، وبـين السـياق الاجتماعى الذى يجرى فيه تنفيذ هذا البحث . العلم أساس المجتمـع الحـديث . ويساوى ذلك أن مواقف المجتمع تحدد نوع العلم الذى تجد أنه مثير للاهتمـام، وما تكونه المشاريع التى تحظى بتفضيل الحكومة أو الرعاة التجاريين .

هناك أمثلة عديدة هى فحسب من العلوم التى أشارك فيها بنفسى . فـازت الماكينات الضخمة لدراسات الجسيمات تحت الذرية بتمويل حكومى لأن قوتهـا الهجومية تشكلت من الفيزيائيين الذين توصلوا لإصابة الهدف خلال دورهم فـى الحرب العالمية الثانية . استخدم علماء الفلك أجهزة استشعار للكشف عما تبثـه بوهن النجوم والكواكب البعيدة ، وهذه الأجهزة كانت قد ابتكرت لتمكين عسـكر الولايات المتحدة من الكشف عن الفيتناميين فى الغابة ؛ وهى تستخدم الآن فـى الكاميرات الرقمية . وهناك مشاريع الفضاء العلمية الباهظة التكلفة – المجسـات التى هبطت على المريخ والتى أعطت صورا عن قرب للمشترى وزحل – وهى مشاريع تنطلق من خلال برنامج ضخم للفضاء كان مدفوعا فى البداية بواسـطة تنافس القوى الكبرى أثناء الحرب الباردة . بل إن تليسكوب هابل للفضاء كـان سيكلف ما هو أكثر لولا أن حدث تشارك فى بعض تكاليف إنشائـه مع أقمـار التجسس الصناعيـة.

هكذا فإنه بسبب عوامل تأثير دخيلة مثل هذه – ويستطيع المـرء أن يـأتى بقوائم مرادفة من المجالات العلمية الأخرى – يتم حشد الجهد العلمى بمسـتوى أقل من أن يكون هو الأمثل . وفيما يبدو فإن الأمر يكون هكذا سواء كنا نصدر حكمنا بناء على شروط ثقافية محضة ، أو كنا نضع فى الحسبان ما يرجح مـن

فائدة لرفاه البشر. ثمة مواضيع تصل إلى "الوضع المميز الأفضل " لتحصد الموارد بدرجة مبالغ فيها. وهناك مواضيع أخرى ، مثل الأبحاث البيئية ، ومصادر الطاقة المتجددة ، ودراسات التنوع البيولوجى ، كلها تستحق جهدا أكبر. تتركز الأبحاث فى المجال الطبى تركزا مبالغا فيه على السرطان ودراسات أمراض القلب والأوعية الدموية ، وهى العلل الأكثر انتشارا فى البلاد المزدهرة ، وذلك بدلا من تركيز الأبحاث على الأمراض المعدية التى تتوطن فى البلاد الحارة .

ومع ذلك ، يعتبر معظم العلماء أن المعرفة والفهم أمران يستحقان فى حد ذاتهما التوصل إليهما ، لأعتقادهم أن البحث "الخالص" ينبغى أن يكون بلا قيود ، بشرط أن يكون آمنا ولا توجد اعتراضات أخلاقية عليه . ولكن هل يُعد هذا تبسيطا مخلا ؟ هل هناك مناطق من البحث الأكاديمى – من نوع العلم الذى يؤدَّى فى معامل الجامعات – مما ينبغى أن يحاول الجمهور الأوسع وضع قيود عليها ، بسبب الاحساس بالقلق مما يمكن أن تؤدى له ؟ أسلم إجراء وقائى ضد أى خطر جديد هو أن نحرم العالم من وجود العلم الأساسى الذى يؤسس لهذا الخطر .

فى كل بلد تلقى العلوم التى تعطى وعدا بنتائج لها نفعها دعما معززا مبنيا على أسس استراتيجية . (تُفضَّل البيولوجيا الجزيئية على أبحاث الثقوب السوداء مثلا ؛ وأنا نفسى أشارك فى الأبحاث الأخيرة ، ولكنى مع ذلك لايبدو لى أن هذا التمييز بينهما فيه عدم انصاف) ولكن هل عكس ذلك صحيح : هل ينبغى سحب الدعم من خط من خطوط البحث "الخالص" ، عندما يكون هناك سبب لأن نتوقع أن نتيجته سيساء استخدامها ، حتى وإن كانت أهمية هذا البحث مما لايمكن إنكاره ؟ أعتقد أنه ينبغى ان نفعل ذلك ، خاصة وأن الحصص المالية التى تخصص حاليا للعلوم المختلفة تكون هى نفسها نتيجة "لتوترات" معقدة بين عوامل دخيلة . لايمكن بالطبع منع العلماء منعا كاملا عن التفكير والتخمين :

كثيرا ما تأتى أفضل أفكار العلماء من تلقاء نفسها أثناء ساعات الفراغ . إلا أن أى عالم أكاديمى توقفت منحته يكون متنبها إلى أن تخفيضات التمويل تستطيع أن تبطئ من معدل سرعة أحد خطوط البحث، حتى وان كانت لا تستطيع أبدا أن توقفه بالكامل .

حيثما يكون هناك بحث فيه وعد على المدى القصير بنتائج مربحة ، فإنه لا يحتاج للتمويل بأموال عامة ، لأن الموارد التجارية ستخطو داخلة وتتعهد بمصاريفه : ولايمكن عندها أن يتوقف بحث كهذا إلا بواسطة لائحة تنظيم حكومية. وسوف يقوم هذا التنظيم أيضا بتقييد الطريقة التى يختار بها الممولون الخاصون انفاق مواردهم . يستطيع الأفراد من الأثرياء تشويه الأبحاث – وهب أحد الأمريكيين خمسة ملايين دولار لجامعة إيه أند إم (A&M) فى تكساس وذلك لإجراء أبحاث على الاستنساخ لأنه يريد أن يستنسخ كلبه العجوز .

حتى نضع كوابح فعالة على أحد مجالات البحث ، يتطلب ذلك اجماع دولى. وإذا وضع بلد واحد لوائح منظمة سنجد أن الباحثين والشركات المستثمرة الأكثر دينامية سيهاجرون إلى بلد آخر تكون أكثر لينا أو تساهلا . يحدث هذا بالفعل فيما يتعلق بأبحاث الخلية الجذعية ، حيث نجد أن بعض البلاد ، وبالذات المملكة المتحدة والدانمرك ، قد أرست خطوطا إرشادية متساهلة نسبيا ، وبالتالى فهى تجذب "مكسبا من الأمخاخ". كما تقدم سنغافورة والصين للباحثين ولصناعتهم البيوتكنولوجية الناشئة نظاما هو حتى أكثر اغراء يهدف إلى التقدم وثبا فى المنافسة .

عندما يكون هناك سياسة توجيهية للعلم فإن وجه الصعوبة فى الأمر هو أن إحداث التقدم فى دورات أمر لايمكن التنبؤ به . ذكرت من قبل أن اكتشاف أشعة إكس كان اكتشافا عارضا بواسطة عالم فيزياء ، ولم يكن نتاج برنامج طبى صاخب يهدف لرؤية من خلال اللحم . وكمثل آخر ، فإنه لو كان هناك فى القرن

التاسع عشر مشروع لتحسين نسخ الموسيقى ، لأدى إلى توزيع موسيقى محكم ومعقد مكيانيكيا، ولكنه ما كان ليقترب بنا بأى حال من التكنيكات التى استخدمت بالفعل فى القرن العشرين . فهذه التكينكات كانت نتاج بحث مدفوع بالفضول أجراه مايكل فارادى وخلفاؤه على الكهرباء والمغناطيسية . أما فى الأزمنة الأحدث فإن رواد الليزر لم يكن لديهم أى مفهوم عن الطريقة التى سيطبق بها اختراعهم (ولاريب فى أنهم لم يتوقعوا أن أحد أول هذه الاستعمالات سيكون فى إجراء عمليات لعلاج حالات انفصال الشبكية)(*).

نستطيع أن نتساءل عما إذا كان ينبغى عندما نجد أن هناك إمكانات مروعة لأى ابتكار جديد ، أن نحجم عن المضى فيه ، أو على الأقل أن نضع عليه بعض القيود . وكمثل ، فإن من المرجح أن تؤدى النانوتكنولوجيا إلى تحولات فى الطب، والكمبيوترات ، ونظم الرقابة ، وغير ذلك من المجالات التطبيقية ، ولكنها ربما تتقدم أيضا إلى مرحلة يحدث فيها أن يصبح من الممكن تكنيكيا وجود نسخ متكاثرة بما يصحب ذلك من أخطار . سيكون هناك عندها احتمال خطر من "انطلاق" كارثى كما هو الحال الآن فى البيوتكنولوجيا (أو أن هذا التكنيك ربما يستخدم كسلاح "انتحارى")؛ والإجراء المضاد الوحيد هنا هو إيجاد نظير نانوتكنولوجى لجهاز مناعة مضادة . حتى نتوقى خطر كهذا يطرح روبرت فرايتاس أن يُفرض قرار لإيقاف النشاط من نوع ما حدث فى مؤتمر آسيلومار: ينبغى ألا ندرس الحياة الاصطناعية إلا عن طريق تجارب الكمبيوتر، بدلا من إجراء أى تجارب بأى نوع من ماكينات "حقيقية" ، وينبغى أن يكون هناك حظر على انشاء ماكينات نانوية تستطيع أن تتكاثر فى بيئة طبيعية . لعله يمكن أن تثار مخاوف مماثلة فيما يتعلق بشبكات الكمبيوتر ذات الذكاء الفائق وغير ذلك من استقراءات للتكنولوجيا الحالية .

(*) الانفصال الشبكى خلل فى الإبصار ينتج عن انفصال الشبكية عن قاع العين ، وقد يؤدى إلى العمى.(المترجم)

الكتمان أو الصراحة ؟

هل يمكننا بدلا من أن نهدف إلى كبح مسار أحد مجالات البحث ، أن نتمكن من السيطرة على المخاطر بأن نمنع انتقائيا أوجه المعرفة الجديدة عن اولئك الذين يبدو أنهم فيما يرجح سوف يسيئون تطبيقها ؟ ظلت الحكومات دائما تُبقى على سرية الكثير من الأبحاث التى تتعلق بالدفاع عنها . أما الأبحاث التى لا تصنف هكذا على أنها سرية (أو التى لا تجعلها الأسباب التجارية سرية) فإنها تُجعل تقليديا متاحة لأى فرد. أقترحت حكومة الولايات المتحدة فى ٢٠٠٢ أن العلماء أنفسهم ينبغى أن يقيدوا انتشار أى بحث جديد مما يكون حساسا ويمكن اساءة تطبيقه ، حتى وإن لم يصنف على أنه سرى : وكان فى هذا الاقتراح خروج بالغ عن روح الأخلاقيات السائدة بحيث أنه أحدث خلافا داخل المجتمع الأمريكى العلمى ، حتى فى الولايات المتحدة نفسها .

ما الذى تفعله إحدى الجامعات لو أن طالبا يبدو أن لديه مؤهلات ومنحة سخية ولكنه من أصل مشكوك فيه ويريد أن يسجل نفسه لبحث فى الدكتوراه فى الهندسة النووية أو الميكروبيولوجيا ؟ لو حاولنا إعاقة إجراء تدريب لمن يحتمل أن يكونوا من الجانحين فإن أقصى ما نستطيع هو أن نفرض تأجيلا متواضعا فى نشر الأفكار الجديدة ، خاصة وأن الأفراد ممن يكون " احتمال خطرهم كبيرا " لا يمكن بأى حال تحديدهم بطريقة موثوقة . قد يقول البعض أن أى إجراء يضع كوابح ، حتى ولو هامشيا ، ستكون له أهميته . وقد يحتج آخرون أنه مادامت القدرة على أداء شئ سوف تنتشر بأى حال ، فلعل الأفضل أن تُنشر على الشبكات لتصل إلى أكبر عدد ممكن من الطلبة السابقين . وعندها سيقل الاحتمال بإمكان مواصلة مشروع هو أساسا غير قانونى دون أن تتسرب أخباره عن طريق الاتصالات الشخصية . وعندما يكون هناك أقصى درجة من الصراحة فى الاتصالات ، ومعدل مرتفع من الهجرة دوليا ، فإن هذا يجعل من الأصعب

كتمان المشاريع السرية حتى ولو كانت على نطاق صغير. يحدث فى التطبيــق تضييق على التدفق الدولى للطلبة والباحثين وذلك بواســطة السياســة القوميــة لتأشيرات الدخول ، ولكننى أعتقد أنه لو ترك اتخاذ القرارات للجامعات ، فــإن معظمها ستتخذ موقفا متفتحا بشأن الطلبة، فى حين أنها ستفرض مرشحا محكما للفرز بالنسبة للزوار العلميين من المرتبة الأعلى .

أحد الاجراءات التى نوقشت بالفعل هو عقد اتفاقية دولية تجعل من العمــل للحصول على الميكروبات المرضية الخطرة أو امتلاكها ، فى أى مكان ، ارتكابا لجريمة فردية فى أى بلد – تماما مثل اختطاف الطائرات الآن – وأن نتخذ لنــا ثقافة يكون فيها "نفخ صفارة " للإنذار عملا ينال مكافأة . ماثيو ميسلسون هو أحد الرعاة الرئيسيين لهذه الحملة ويعمل أستاذا فى هارفارد وخبيــرا مرموقــا فــى الأسلحة البيولوجية.

العلماء هم نقاد موضوعاتهم مثلما هم مبدعوها ؛ يتم تنفيذ التحكم فى الجودة عن طريق إجراء " مراجعة الأنداد " الذى يسبق نشر أى اكتشاف جديد فى مجلة أكاديمية . وهذا إجراء وقائى ضد أى مزاعم لاجدارة لها أو مبالغ فيها . إلا أن هذا النوع من الاجراء الذى يشبه مراجعة دفتر التمرين كثيرا ما يتزايد ويتزايــد انتهاكه، بسبب ضغوط تجارية ، أو أحيانا لمجرد تنافس أكاديمى شديد . فهنــاك اكتشافات ذات أهمية إخبارية تُنفخ لها الأبواق عن طريق إطلاقها فى الصحف أو المؤتمرات ، قبل أن تتم مراجعتها . وعلى عكس ذلك . فإن اكتشافات أخــرى تبقى سرية لأسباب تجارية. ويواجه العلماء أنفسهم مأزقا عندما يجرون أبحاثهم على موضوعات "حساسة": كالفيروسات القاتلة مثلا .

حدث أحد اوجه الخروج المذهلة على المعايير العلمية فى ١٩٨٩ ، حينمــا زعم ستانلى بونس ومارتن فلتشمان وهما يجريان وقتها بحثا فى جامعة يوتاه ، أنهما قد ولّدا طاقة نووية فى درجة الحرارة العادية للغرفة ، باستخدام جهاز على

طاولة المعمل . لو كان زعمهم صادقا فإنه ليستحق بالكامل كل الدعاية المضللة التى أثارها: "فالاندماج البارد" هكذا كان سيقدم للعالم إمدادات بلا حدود من الطاقة الرخيصة النظيفة . واكتشاف كهذا كان سيرقى إلى مرتبة أحد الاكتشافات العظيمة للقرن ، بل ويكون أحد أخطر النجاحات اختراقا منذ اكتشاف النار .

على أنه سرعان ما ظهرت الشكوك . المزاعم الخارقة تتطلب براهين خارقة للمعتاد ، وفى هذه الحالة ثبت أن البراهين أبعد من أن تكون متينة . تبين وجود عدم اتساق فى مزاعم بونس وفليشرمان ؛ حاول مؤدو التجارب فى معامل أخرى عديدة إعادة انتاج الظاهرة ، ولكن دون نجاح . كان معظم العلماء مرتابين ومتشككين منذ البداية نفسها ؛ وخلال سنة تشكل اجماع عام على أن النتائج قد أسئ تفسيرها ، وإن كان لا يزال باقيا حتى فى وقتنا هذا قلة من "المؤمنين" .

فى ٢٠٠٢ تم التعامل بطريقة أفضل مع واقعة مماثلة . كانت هناك مجموعة يقودها روسى تيليارخان فى المعمل القومى بأوك ريدج ، تجرى بحثا فى ظاهرة محيرة تعرف باسم "الصوتضوئية" : عندما تمر أمواج صوتية كثيفة خلال سائل فوار، تصبح الفقاعات مضغوطة وتبث ومضات من الضوء . زعم باحثو أوك ريدج أنهم ضغطوا الفقاعات التى تتفجر داخليا بتكنيك بارع يرفع درجة حرارتها بما يكفى لقدح زناد اندماج نووى ، وذلك فى نسخة مصغرة سريعة الانطلاق والزوال ، للعملية التى تبقى الشمس ساطعة وتولد الطاقة فى القنبلة الهيدروجينية . على أنه لم يصدقهم أحد ولا حتى أى من زملائهم فى أوك ريدج : ومع أن هذا الزعم لم يكن ينتهك "المعتقدات المخلدة "مثل ما كان يفعل الاندماج البارد ، إلا أنه مع ذلك ظل يبدو مما لايُعقل . على أن تيليارخان قدم ورقة بحث علمى للمجلة المرموقة "ساينس" (العلم). وعلى الرغم من تشكك الحكام ، إلا أن رئيس تحرير المجلة اختار أن ينشر ورقة البحث ولكنه فعل ذلك

مع تحذير من هيئة التحرير بأنها ورقة خلافية . وعلى الأقل فإن هــذا القــرار ضمن أن ينال هذا الزعم أقصى تمحيص .

لم يؤد الفشل التام " للاندماج البارد " إلى أى ضرر على المدى الطويــل، فيما عدا الإضرار بالسمعة الشخصية لبونس وفليتشمان ، ولأولئك الذين تواثبوا إلى الركوب فى عربة فريقهم بطريقة غير ناقدة . وسوف يُحسم الأمر ســريعا بشأن صحة مزاعم تيليارخان عن طريق النقاش والتكرار المستقل لتجاربه . أى زعم فيه إمكان لحدث متميز ، مادام يتم اعلانه بصراحة ، فإن ذلك سيضمن أن يجذب له تفحصا دقيقا على نطاق واسع بواسطة خبراء المجتمع الدولى . وهكذا فإنه لن يكون مما له أهمية كبرى أن يحدث تجاوز لمراجعة الأنداد ، بشرط ألا يحدث أى عائق للوضوح الصريح.

وعلى كل ، دعنا نفترض أن زعما خارقــا للمعتــاد مثــل زعــم بــونس وفليتشرمان قد خرج من علماء مرموقين فى أحد المعامل ممن تكــون مهمــتهم إجراء بحث سرى عسكرى أو تجارى . ماذا كان سيحدث عندها ؟ سيكون مــن غير المرجح مطلقا أن يصل البحث لأنظار الجماهير : ما إن يدرك من يتولون الأمور الأهمية غير المسبوقة اقتصاديا واستراتيجيا لهــذا "الاكتشــاف" ، حتــى ينطلق برنامج بحث ضخم سرى ، يستهلك موارد ضخمة وهــو محمــى مــن تفحصه علنا تفحصا دقيقا .

حدث بالفعل أمر يشبه ذلك جدا فى ثمانينات القــرن العشــرين . معمــل ليفرمور هو واحد من معملين ماردين فى الولايات المتحدة تشاركا فــى انشــاء الأسلحة النووية، وكان لديه تمــويلا كجــزء مــن مشــروع "مبــادرة الــدفاع الاستراتيجية " للرئيس ريجان ("حرب النجوم") . يتضمن تصور المشروع إيجاد أشعة ليزر فى الفضاء يقدح زنادها انفجار نووى ؛ وكان المفروض أنــه فــى الميكروثانية السابقة لتبخر أداة فعل ذلك فإنها ستخلق "أشعة موت" كثيفة يمكن أن

تدمر صواريخ العدو القادمة لنا . حكم الخبراء على المشـروع ، وكـل مـنهم مستقل عن الآخر ، أحكاما تكاد تتفق فى قسوتها الشديدة . ولكنه كـان الوليـد العقلى لإدوارد تيلر(*) هو والعاملين تحت رعايته : وهم يعملون فى بيئة "مغلقة"، ويتوصلون إلى موارد هائلة من البنتاجون ، بما يجعلهم قادرين على أن يحولوا بلايين الدولار بالمعنى الحرفى للكلمة إلى هذا المشروع الفاشل "لليـزر أشـعة أكس" . لو زعم أى واحد من علماء تيلر أنه قد خرج بمصدر جديـد للطاقـة ، سيمكننا أن نتصور جيدا ما سيقال من حجج مقنعة خلف الأبواب المغلقة ، والتى تدور حول أن الصالح القومى يتطلب برنامجا ينفذ " عـاجلا بكـل الوسـائل" . السرية فى أمثلة كهذه تؤدى إلى التبديد، والى اساءة توجيه الجهود . بل والأسوأ حتى من ذلك أن يكون هناك مشروع سرى يفرض حقا احتمال مخاطر لا يتنبه لها من يجرون التجارب ، أو هم يقللون من أهميتها ، ولكنهـا مخـاطر كانـت ستحث معظم العلماء خارج المشروع على أن يدعو لإيقافه .

« التوقف مع التمحيص بدقة »

بيل جوى واحد من الدعاة ذوى النفود ممن يحبذون " كبح المسار " ، وهو أحد المشاركين فى شركة " سن ميكرو سيستمز " ، ومختـرع لغـة الكمبيـوتر "جافا". كان مما يثير الدهشة أن نقرأ هذا الاحساس بالقلق على نحو مؤثر – فى مجلة "وايرد" (السلكية) من بين كل المجلات – كما يعبـر عنـه أحـد أبطـال تكنولوجيا المعلومات فى مقاله " لماذا لايحتاج المستقبل لنا " ، الذى نُشـر فـى ٢٠٠٠ ، وجذب التعليقات على نطاق واسع . كتبت "التـايمز" اللندنيـة كلمـة لمحررها يشبه فيها المقال بمذكرة ١٩٤٠ الشهيرة التى كتبها الفيزيائيان روبرت فرتش و رودلف بيرلز وغيرت اتجاه حكومة المملكة المتحدة تجاه إمكان تنفيـذ قنبلة ذرية .

(*) إدوارد تيلر أحد

تتركز نظرة جوى على الأفق البعيد . وهو بدلا من أن يكون مرعوبا ممـا قد توصلنا إليه فى الوراثيات والبيوتكنولوجيا فى العقد الحالى - مثل سوء تطبيق الجينوميات ، ومخاطر الارهاب البيولوجى بواسطة الأفراد ، وما إلى ذلك - فإن انزعاج جوى يتركز على التهديدات الأكثر بعدا من التكنولوجيات التى تتأسـس على الفيزياء . وهو منزعج بوجه خاص فيما يتعلق بنتائج "الانفلات الخـاطف" التى قد تنشأ عندما تتفوق الكمبيوترات والروبوتات على قدرات البشر . وهـو غير قلق أساسا من سوء الاستخدام الخبيث للتكنولوجيا الجديـدة ، وإنمـا قلقـة ببساطة أنه ربما يحدث أن تتنـامى تكنولوجيـا الوراثيـات والنانوتكنولوجيـا والروبوتيات تناميا لاتحكم فيه "لتسود علينا".

وصفة العلاج عند جوى هى أن "نتخلى عن " الابحاث والتطـورات التـى يمكن أن تجعل هذه التهديدات حقيقية : لو أمكننا بصفتنا كأحد الأنواع أن نتفـق على ما نحتاجه ، وعلى ما نتجه إليه ، والسبب لذلك ، فإننـا عنـدها سـنجعل مستقبلنا أقل خطراً بكثير - وربما نفهم عندها ما الذى نستطيعه وما الذى ينبغى أن نتخلى عنه . وإلا ، فإننا نستطيع بسهولة أن نتصور نشوب سباق تسلح فـى تكنولوجيا الوراثيات والنانوتكنولوجيا والروبوتات ، كما حدث مع التكنولوجيات (النووية) فى القرن العشرين . ولعل هذا أن يكون أعظم المخاطر ، ذلك أنه مـا إن يبدأ هذا السباق حتى يصبح من الصعب جدا إنهاؤه. نحـن الآن - بخـلاف مشروع مانهاتن - لسنا فى حرب ، نواجه فيها عدو عنيد يهدد حضارتنا ؛ فنحن الآن مدفوعون بدلا من ذلك بعاداتنا ، ورغباتنا ، ونظامنا الاقتصادى ، وحاجتنا المتنافسة لأن نعرف .

وكما يدرك جون ، فإنه لن يكون من السهل التوصل إلى الإجماع على أن نوعا معينا من البحث هو بالإمكان على درجة من الخطر بحيث ينبغى أن نمتنع عنه؛ من النادر أن يستطيع البشر "أن يتفقوا بصفتهم أحد الأنواع" - وهى العبارة التى استخدمها جوى - حتى على ما يبدو أنه القواعد الأكثر الحاحـا . بـل ان

الواقع أنه حتى الفرد الواحد المتنور سيجد أن من الصعب عليه أن يعرف المكان الذى يضع فيه حدا فاصلا للأبحاث . وإذن هل من الممكن أن يكون هناك تخلى عن البحث بعد "تمحيصه بدقة" بدرجة كافية للتمييز بين المشاريع الحميدة والمشاريع الخطرة ؟ سنجد أن التكنيكات والاكتشافات المبتكرة يكون لها عموما فائدة ظاهرة على المدى القصير ، إلا أنها تكون أيضا بمثابة خطوات تجاه كابوس جوى على المدى الطويل. إذا كان هناك تكنيكات يمكن أن تؤدى إلى "نانو روبوتات نهمة " فقد تكون هى نفسها أيضا لازمة لتخليق تكنيك من النانو يناظر الفاكسينات ويستطيع التحصين ضد هذه النانوروبوتات . وإذا كانت هناك جماعات سرية تتابع بحثا خطيرا ، سيكون من الأصعب إبتكار إجراءات مضادة إذا لم يكن هناك أشخاص آخرون لديهم الخبرة المتعلقة بالأمر.

بل وحتى لو وافقت كل الأكاديميات العلمية فى العالم على أن هناك بعض خطوط معينة من البحث لها " جانبها السئ" ، وفرضت كل الدول فى وفاق تام حظرا رسميا ، كيف يمكن تنفيذ ذلك تنفيذا فعالا ؟ لاريب أن اتفاقا دوليا على التوقف عن التجارب سوف يبطئ من خطوط معينة من البحث ، حتى وإن كان من غير الممكن إيقافها إيقافا كاملا . وعندما لايسمح باجراء تجارب لأسباب أخلاقية ، فإن تنفيذ ذلك بفعالية من ٩٩ فى المائة ، أو حتى من تسعين فى المائة لاغير ، سيكون أفضل كثيرا من عدم وجود أى حظر على الإطلاق ؛ ولكن إذا كانت التجارب خطرة بدرجة قصوى ، فإن تنفيذ الحظر يجب أن يكون فعالا بما يقرب وثيقا من نسبة المائة فى المائة حتى يكون مطمئنا : فلو أُطلق حتى فيروس واحد مميت فإن هذا يمكن أن يكون كارثيا ، بمثل ما يمكن أن تكون عليه إحدى مصائب النانوتكنولوجيا . على الرغم من كل جهود منفذى القانون ، إلا أن ملايين الناس يستخدمون المخدرات غير القانونية ؛ وهناك آلاف الأفراد الذين يبيعونها . وسيكون من غير الواقعى ، على ضوء فشلنا فى التحكم فى تهريب المخدرات أو جرائم القتل ، أن نتوقع أنه عندما يخرج الجنى من القمقم ،

فإننا سنستطيع بأى حال أن نكون آمنين أمانا كاملا ضـــد أخطـــاء البيولوجيـــا وإرهاب البيولوجيا : ستظل هناك مخاطر باقيـــة لايمكـــن الــــتخلص منهـــا إلا باجراءات تكون هى نفسها كريهة ، مثل المراقبة الشاملة مع التدخل .

قد أوشكت على الانتهاء من التعبير عن تشاؤمى ، وقد أصبح بطريقة مـــا أعمق من تشاؤم بيل جوى . وجوى مهموم بأن يدفع بعيدا ذلك اليوم الذى يمكن فيه للروبوتات فائقة الذكاء أن تستولى منا على زمام الأمور ، أو الذى يمكن فيه أن يتحول المحيط الحيوى إلى "لزجات رمادية" . على أنه قبل أن يتم التوصـــل إلى هذه القدرات المستقبلية ، هناك إمكان لأن ينال المجتمع ضربة مدمرة نتيجة سوء تطبيق للتكنولوجيا الموجودة من قبل ، أو أن هذا مايمكن أن نتوقعه واثقين خلال العشرين سنة القادمة . ومما يبعث على السخرية ، أنه لو تحققـــت هـــذه المخاوف ذات المدى الأقصر ، فإن الجانـــب المشـــجع الوحيـــد هنـــا هـــو أن التكنولوجيا فائقة التقدم اللازمة للماكينات النانوية وللكمبيوترات المتفوقة علـــى البشر سوف تعانى عندها مما قد يكون نكسة لاعكوسية ، بحيث تؤدى بالتالى إلى وقايتنا من السيناريوهات التى تزعج بيل جوى أقصى الازعاج .

- ٧ -

الخط الأساسى للمخاطر الطبيعية

الاصطدام بالكويكبات

نحن عرضة لاحتمال للخطر من الاصطدام بكويكب ضخم بنسبة أكبر من احتمال الخطر من ارتطام الطائرات ، إلا أن المخاطر المتصاعدة من التهديدات التى يصنعها البشر أصبحت إلى حد بعيد أكثر ازعاجا من أى من المخاطر الطبيعية .

أخذ ملايين الأفراد فى يوليو ١٩٩٤ يراقبون عن طريق الانترنت صورا تليسكوبية "لتعاقب" من الارتطامات هى من أكبر ما شوهد قط وأكثرها إثارة . اصطدمت شظايا من مذنب كبير بكوكب المشترى ؛ وبقيت هناك بعدها بقع غامقة أكبر من كوكب الأرض بأسره مرئية على سطح ذلك الكوكب العملاق لأسابيع عديدة، كل منها يمثل "ندبة" ناتجة عن اصطدام ضخم . كان ذلك المذنب المتشظى ، واسمه شوميكر –ليفى على اسم مكتشفيه ، قد رصد فى العام السابق، وهو يتكسر إلى ما يقرب من عشرين قطعة . تبين علماء الفلك من حساباتهم أن مسارات هذه الشظايا ستكون بحيث أنها سوف ترتطم بالمشترى ، وهكذا فإنهم سارعوا إلى مراقبة الاصطدامات عند الوقت المتوقع لذلك .

ألقى هذا الحدث الضوء على أن كوكبنا عرضة لاصطدامات من النوع نفسه . يمثل كوكب الأرض هدفا أصغر من المشترى ، عملاق منظومتنا الشمسية ، ولكن المذنبات والكويكبات تقترب روتينيا من كوكب الأرض بما يكفى لأن تكون خطرة عليه. حدث منذ ما يقرب من ٦٥ مليون سنة أن ارتطم بالأرض جرم يقارب عرضه عشرة كيلومترات . أدى الاصطدام الناتج إلى

إطلاق طاقة يصل قدرها إلى مليون قنبلة هيدورجينية ؛ وقدحت الزناد لوقوع زلازل هزت الجبال ، ووقوع موجات مد عاتية ، وقذفت قدرا من الحطام في طبقات الجو العليا كانت كافية لأن تحجب الشمس لأكثر من سنة . ومن المعتقد أن هذا هو الحدث الذى أباد الديناصورات. لازالت الأرض تحمل ندبة هذا الحدث : أدى هذا الاصطدام العارم إلى تشكيل حفرة "شيكسولوب" في خليج المكسيك ، وعرضها يقرب من مائتى كيلومتر.

هناك طائفتان متميزتان من الأجرام "المارقة" التى تندفع حول منظومتنا الشمسية : المذنبات والكويكبات . المذنبات تُصنع فى أغلبها من الثلج ومعه غازات متجمدة مثل النشادر والميثان : وكثيرا ما توصف بأنها "كرات ثلج قذرة". معظم المذنبات تقضى كل وقتها تقريبا وهى غير مرئية لنا ، حيث تتوارى فى أقصى المناطق الخارجية الباردة من المنظومة الشمسية ، على بعد هو حتى مما يتجاوز كثيرا نبتون وبلوتو ؛ ولكنها أحيانا تنقض للداخل تجاه الشمس فى مسارات شبه قطرية، وتسخن إلى الحد الكافى لأن يتبخر بعض الثلج، ليطلق غازا وغبارا يعكس ضوء الشمس ويكوّن "ذيلاً" واضحا . أما الكويكبات فهى اجرام أقل تطايرا من المذنبات ، وتتألف من مادة صخرية وتتحرك حول الشمس فى مدارات قريبة من ان تكون دائرية . ويبقى معظمها على مسافة آمنة من الأرض ، بين مدارى المريخ والمشترى . ولكن بعضها يسمى "الأجرام القريبة من كوكب الأرض" وهذه تتبع مدارا يمكن أن يقطع مدار كوكب الأرض .

يتباين حجم "الاجرام القريبة من كوكب الأرض " تباينا واسعا ، ابتداء من "الكواكب الصغرى" التى يزيد عرضها عن مائة كيلومتر ، ثم يتضاءل الحجم سريعا ليصل إلى مجرد قطع حصى .

عندما يكون عرض الكويكب عشرة كيلومترات ، فإنه يُنذر بكارثة على نطاق العالم وبوقوع انقراضات كبرى ، ومن المتوقع أن يصطدم كويكب من هذا

النوع بالأرض بمعدل لايزيد عن مرة واحدة كل خمسين إلى مائة مليون سنة . لعل اصطدام شيكسولوب الذى حدث منذ ٦٥ مليون سنة هو أحدث واقعة بهذا الحجم . هناك حفرتان أخريتان هائلتان بما يماثل ذلك إحداهما فى وودلى باستراليا والأخرى فى مانيكوجان قرب كويبيك فى كندا ، ومن الممكن أن تكونا ناتجتين عن اصطدام مشابه منذ ٢٠٠ اى ٢٥٠ مليون سنة . وربما يكون أحد الاصطدامين قد تسبب فى أعظم انقراض حدث على الاطلاق ، عند فترة الانتقال بين العصر البرمى(*) والثلاثى(**) منذ ٢٥٠ مليون سنة (لم يكن المحيط الاطلسى قد ظهر بعد فى وقت وقوع هذين الاصطدامين ، وكانت معظم كتلة الأرض جزءا من قارة واحدة تعرف باسم "بانجى").

هناك كويكبات أصغر حجما (واصطداماتها اقل تدميرا) وهى شائعة بدرجة أكبر كثيرا من السابقة : "فالأجرام القريبة من كوكب الأرض " التى يبلغ عرضها كيلو مترا واحدا عددها أكثر بمائة مثل عن الكويكبات التى يبلغ عرضها عشرة كيلومترات وتقدح زناد الانقراضات ؛ والأجرام التى يبلغ حجمها مائة متر هى بدورها أكثر عددا فيما يحتمل بمائة مثل عن السابقة . ويوجد فى أريزونا حفرة مشهورة اسمها "بارينجر" قد نحتها كويكب عرضه ما يقرب من ١٠٠ متر ، اصطدم بالأرض منذ حوالى ٥٠٠٠٠ سنة ؛ وهناك حفرة مماثلة فى وولف كريك باستراليا ، وعمرها ما يقرب من ٣٠٠٠٠٠ سنة . أما "الأجرام القريبة من كوكب الأرض " التى يصل عرضها إلى خمسين مترا فيبدو انها تصطدم بالأرض مرة فى كل قرن . حدث فى ١٩٠٨ أن دمر نيزك تنجوسكا منطقة

(*) العصر البرمى : المرحلة السادسة والأخيرة من حقب الحياة القديمة الباليوزى وانقرضت أثناءه معظم الكائنات التى كانت تعيش فى العصور السابقة له . وقد انقضى منذ حوالى ٢٠٠ مليون سنة.(المترجم)

(**) العصر الثلاثى (الترياسى) : أول أدوار حقب الحياة الوسطى وفيه أخذت الزواحف فى الانتشار. وقد انتهى منذ ١٩٥ مليون سنة و سُمى بالثلاثى لأن مكتشفيه قسموا صخوره لثلاثة أقسام. (المترجم)

قصية من سيبريا . وكان يتحرك بسرعة عالية تصل إلى ٤٠ كيلو متـرا فـى الثانية ، حتى أن اصطدامه كان بقوة انفجار من أربعين ميجاطن . وقد تبخـر النيزك وانفجر عاليا فى الجو ، مما أدى إلى أن سـوى بـالأرض آلافـا مـن الكيلومترات المربعة من الغابات ولكنه لم يخلف أى حفرة .

هناك احتمال صغير للخطر ، ولكنه لايمكن اهماله

نحن لا نعرف إن كان هناك "جرم قريب من كوكب الأرض " كبيرا وخطرا "قد كتب عليه اسمنا" وقدره المحتوم أن يصطدم بنا فى القرن التـالى. إلا أننـا نعرف قدرا كافيا من المعلومات عن عدد الكويكبات التى توجد فى مدارات تقطع مدار كوكب الأرض بحيث أن لدينا القدرة هكذا على عمل تقـدير كمّـى لهـذا الاحتمال . واحتمال هذا الخطر ليس كبيرا بالحد الكافى لأن يجعل أى واحد منا يسهر الليل، ولكنه أيضا ليس بالاحتمال الذى يمكن إهماله بالكامل . هناك إحتمال خطر بخمسين فى المائة من أن يحدث اصطدام بدرجة اصطدام تونجوسكا فـى مكان ما على الأرض فى هذا القرن . على أن معظم سطح كوكب الأرض إمـا مغطى بالمحيطات ، أو أن فيه ندرة من السكان ، وبالتالى فإن احتمـال وقـوع الاصطدام فوق منطقة كثيفة السكان لهو احتمال اصغر إلى حد بعيـد : ولكـن حدثا من هذا النوع يمكن ان يسبب الملايين من الوفيات.

وإذا نظرا للعالم ككل نجد أن احتمال الخطر من الفيضانات ، والأعاصير، والزلازل يحوم بدرجة أكبر (الواقع أن أسوأ كارثة محلية طبيعية يمكن أن تعـد مما يحتمل وقوعه فى هذا القرن هى زلزال فى طوكيـو أو ربمـا فـى لـوس انجلوس ، حيث يكون للتدمير المباشر "مضاعفات" تؤثر فى الاقتصاد العـالمى على مدى أطول . أما بالنسبة للأوروبيين وسكان شمال أمريكا الذين يعيشون فى أماكن خارج المناطق الأكثر تعرضا للزلازل والاعاصـير ، فـإن الاصـطدام بكويكب هو فى الواقع الخطر الطبيعى الأول . واحتمالات الخطر الغالبة لاتكون

من أحداث بمقياس تونجوسكا، وانما تكون من الاصطدامات الأكبر التى سيدمر كل منها مناطق أكبر.

إذا كان عمرك الآن مثلا يبلغ الخامسة والعشرين ، فإن المدة التى يُتوقع أن تعيشها مستقبلا هى ما يقرب من خمسين سنة . وبالتالى فإن الاحتمال بانك قد تكون ضحية لاصطدام ضخم بكويكب هو تقريبا احتمال لاصطدام واحد يقع فى الخمسين سنة التالية . وقبل أن ينقضى هذا الوقت ، ستكون هناك نسبة احتمال من واحد فى العشرة آلاف بأن كويكبا عرضه نصف متر سيصطدم داخل شمال الأطلسى ، مسببا موجات "تسونامى" (موجات مد) ماردة تؤدى إلى تدمير سواحل أمريكا الشمالية وأوروبا ؛ أو يصطدم فى الداخل من المحيط الهادى ، حيث تكون له نتائج مماثلة على سواحل آسيا وغرب الولايات المتحدة . واحتمال أن تنتهى حياتنا (نحن وملايين كثيرة أخرى) فى حدث كهذا يماثل تقريبا متوسط احتمال الخطر بتعرض أحد الاشخاص للموت فى اصطدام جوى - والواقع أنه ربما يكون أعلى قليلا لو كنا نعيش قرب أحد السواحل ، حيث نكون عرضة لموجات تسونامى اصغر حجما .

هناك هكذا احتمال صغير للخطر ، ولكنه ليس بأقل من مخاطر أخرى تتخذ الحكومات إجراءات لتوقيها أو للتخفيف منها . أصدرت الحكومة البريطانية تقريرا حديثا عن "الأجرام القريبة من كوكب الأرض" طرح الموقف كالتالى : " لو كان ربع سكان الأرض عرضة لخطر اصطدام جرم قطره كيلومتر واحد ، فإنه حسب إجراءات الأمان القياسية الحالية التى تستخدم فى المملكة المتحدة ، سيكون احتمال وقوع الضحايا هكذا احتمالا بقدر يتجاوز بما له اعتباره أى مستوى يمكن تحمله ، حتى ولو كان متوسط احتمال وقوع ذلك بمعدل من مرة واحدة كل ١٠٠٠٠٠ سنة . لو كانت المسئولية إزاء احتمالات خطر من هذا النوع تقع على عاتق مسئول عن تشغيل منشأة صناعية أو منشأة لنشاط آخر ، سيكون مطلوبا من مسئول التشغيل هذا أن يتخذ الخطوات لتقليل الخطر" .

عندما نعمل على اكتشاف ومتابعة "الأجرام القريبة من كوكب الأرض" التى لها أقصى خطر بالنسبة لعبورها لمدار الأرض ، فإننا سنتمكن من حيث المبدأ من أن تتوفر لدينا سنوات للتحذير من أى كارثة كبرى . إذا استطعنا أن نتنبأ باصطدام يحدث فى وسط الأطلسى ، سنتمكن عندما نجرى إخلاء ضخما للمناطق الساحلية من أن ننقذ حياة عشرات الملايين ، حتى ولو لم نستطع فعل أى شئ لتحويل مسار الجرم المهاجم. ينفق المجتمع الدولى سنويا بلايين الدولارات على التنبؤ بالطقس ، ويستطيع بالتالى أن يتنبأ بالأعاصير ؛ وكما يبدو فإنه جدير بنا أن ننفق ملايين معدودة من الدولارات حتى نتأكد من أن موجة تسونامى عملاقة – مثل تلك التى صورها الفيلم السينمائى "اصطدام عميق " – لن تحط علينا ونحن غافلين ، هذا مع أن هذه التسونامى أقل كثيرا فى احتمال وقوعها وان كانت أكثر كثيرا فى تدميرها .

الإقلال من الخطر ؟

ثمة دافع آخر لمسح كل "الأجرام القريبة من كوكب الأرض " وتصنيفها فى كتالوج : فمن المحتمل على المدى البعيد أن نحرف مسار الأجرام المارقة بعيدا عن كوكب الأرض ، إلا أن ذلك يكون مشروطا بمعرفة دقيقة جدا لمداراتها ، ولايمكن التوصل لهذه الدقة إلا إذا كنا قد تابعنا مسار هذه الأجرام لزمن طويل من قبل . ألف أرثر سى . كلارك رواية اسمها "موعد لقاء مع راما" يصف فيها كيف أن حدثا من نوع تونجوسكى قد اكتسح شمال ايطاليا . (أختار كلارك لهذه الكارثة عام ٢٠٧٧ ، وتاريخ اليوم هو فيما يتفق ١١ سبتمبر) . " بعد الصدمة الابتدائية ، كان رد فعل البشر فيه تصميم واتحاد على نحو لم يكن يمكن أن يظهر به فى أى عصر سابق . قد لاتحدث ثانية كارثة كهذه لمدة ألف سنة – إلا أنها أيضا قد تحدث غدا . حسن جدا ؛ لن يتكرر الأمر مرة ثانية . أى نيزك كبير الحجم بما يكفى لأن يسبب كارثة لن يُسمح له مطلقا لمرة ثانية بأن يخترق الدفاعات الأرضية . هكذا بدأ "مشروع تأمين الفضاء".

المشاريع من نوع مشروع "تأمين الفضاء" ، التى تمكننا من أن ننال إنذارا مسبقا ولا تقتصر على ذلك بل تمكننا أيضا من أن نحتمى حتى ضد اصطدام الكويكبات ، هذه المشاريع لن يكون من اللازم أن تظل مجرد روايات خيال علمي: فهى مما يمكن تنفيذه خلال ٥٠ سنة . لو عرفنا الآن مقدما قبل الحدث بسنوات عديدة أن أحد "الاجرام القريبة من كوكب الأرض" أخذ يتخذ طريقه للاصطدام بها ، فإننا حاليا لانستطيع إتخاذ أى إجراء بشأن ذلك . على أننا ربما ستكون لدينا خلال عقود معدودة التكنولوجيا اللازمة لتحويل مسار الجرم بالقدر الكافى للاستيثاق من أن هذا الجرم "المارق" لن يشكل خطرا . كلما زاد لدينا طول زمن الإنذار مقدما بالاصطدام الوشيك ، قل حجم وكزتنا اللازمة لمدار الجرم ليغير مساره حتى يخطئنا . إلا أنه سيكون من الحماقة مجرد أن نحاول حتى مشروعا كهذا دون أن نعرف معلومات عما تصنع منه الكويكبات تكون أكثر إلى حد كبير مما نعرفه حاليا. بعض الكويكبات جلاميد صلبة ، ولكن بعضها الآخر (ولعله معظمها) قد يكون أكواما من صخور محزومة معا حزما غير محكم ولا تتماسك معا إلا "باللزوجة" وبجاذبيتها الضعيفة جدا. وفى هذه الحالة الأخيرة ، فإننا عندما نحاول دفع كويكب خارج مساره (خاصة لو استخدمنا وسائل عنيفة مثل انفجار نووى) فان هذا يمكن أن يحطم الجرم إلى قطع عديدة ، الأمر الذى سيفرض احتمالا بتعرض كوكب الأرض لخطر يفوق كثيرا الخطر عليه من الجرم الأصلى الواحد .

التعامل مع المذنبات اصعب كثيرا. هناك مذنبات معدودة (مثل مذنب هالى) تعاود الرجوع عدة مرات متكررة وتتبع مدارات قد رسمت خرائطها جيدا ، إلا أنها فى معظمها تقترب منا "باردة" وهى آتية من أعماق الفضاء ، وتتيح لنا ما لايزيد عن إنذار بسنة . كذلك فان مداراتها يكون فيها بعض خطأ لأن الغاز ينبجس منها ، كما تنفصل عنها الشظايا بطرائق لايمكن توقعها . ولهذه الأسباب،

تطرح المذنبات علينا مخاطرا يصعب علاجها وربما تكون مخاطر يتعذر الاقلال منها .

وضع ريتشارد بينزل ، الأستاذ فى معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا ، دليلا رقميا لمدى خطورة الكوارث التى لا يرجح وقوعها ، مثل احتمال الاصطدام بالكويكبات . أُقر هذا الدليل فى مؤتمر دولى فى تورين (تورينو) وأصبح معروفا باسم مقياس تورينو. وهو يشبه مقياس ريختر المعروف للزلازل . على أن تصنيف مرتبة للحدث حسب مقياس تورينو يأخذ فى الحسبان احتمال وقوعه وكذلك حجمه : فخطورة التهديد المحتمل تعتمد على مقدار احتماله مضروبا فى مقدار الدمار الذى سينشأ عنه لو حدث بالفعل . يتدرج المقياس من ١ إلى ١٠ . إذا كان هناك كويكب من خمسين مترا ، مثل ذلك الذى تفجر فوق سيبريا فى ١٩٠٨ ، سيكون بمرتبة من ٨ درجات على المقياس إذا كان من المؤكد أنه سيضربنا ؛ وإذا كان حجم الكويكب كيلومتر واحد سيكون بمرتبة من ١٠ إذا كانت ضربته أكيدة ، ولكنها ستكون ٨ فقط إذا كانت معرفتنا بمداره جد محدودة بحيث نستطيع فحسب أن نتنبأ بأنه سيمر ببعض مكان خلال مسافة مليون كيلومتر من الأرض . عرض كوكب الأرض هو فقط ١٢٧٥٠ كيلومتر ، وبالتالى فإن احتمال توجيه ضربة فى "قلب الهدف" سيكون عندها بفرصة واحدة من عشرة آلاف .

يمكننا أن نغير رقم تورينو الذى تحدد لحدث بعينه كلما تزايد مالدينا من الأدلة. وكمثل ، قد يكون مسار أحد الأعاصير عند البداية مما يصعب التنبؤ به ؛ ثم نستطيع أثناء تقدم الاعصار أن نتنبأ بثقة تتزايد دائما باطراد عما إذا كان سيمر عبر جزيرة ما مأهولة أو أنه سيتجاوزها . وبمثل ذلك كلما زاد طول الزمن الذى نتابع فيه مسار أحد "الأجرام القريبة من كوكب الأرض" ، زادت دقة تنبؤنا بمساره فى المستقبل . يحدث بانتظام تعيين كويكبات كبيرة يمكن أن تكون خطرة على الأرض على أساس تحديد تقريبى لمدارها . ولكننا عندما نصل إلى

تحديد مداراتها تحديدا أكثر دقة ، سنصبح عموما أكثر ثقة من أنها سوف تتجاوزنا ، وبالتالي فإن مرتبتها على مقياس تورينو تنخفض تجاه الصفر . إلا أن هناك أقلية من الحالات التي تنكمش فيها منطقة عدم اليقين ، ولكن كوكب الأرض يظل داخلها ، وسيكون لدينا عندها ما يبرر أن نشعر بمزيد من القلق ، وسيزيد عندها رقم مقياس تورينو ، ليرتفع مثلا من ٨ الى ١٠ .

صمم الآن خبراء اصطدام "الأجرام القريبة من كوكب الأرض" دليلا أكثر رهافة ، اسمه مقياس باليرمو ، يأخذ في الحسبان مدى البعد الزمني في المستقبل الذي يحتمل أن يقع فيه الحدث . وهذا فيه ، مقياس أفضل لمقدار ما ينبغي أن نشعر به من القلق . وكمثل إذا عرفنا أن كويكبا من خمسين مترا سوف يضرب الأرض في السنة القادمة ، فإن هذا تكون له مرتبة عالية بمقياس باليرمو ، ولكن إذا كان الاصطدام بهذا الجرم بالذات قد تم التنبؤ به بمستوى مماثل من اليقين على أنه سيقع (مثلا) سنة ٢٨٩٠ ، فإنه لن يؤدي إلى أن يرفع من مستوى قلقنا بأي حال . وليس سبب ذلك هو أننا ببساطة نغفل حساب مخاطر المستقبل (خاصة عندما يكون زمنها في مستقبل بعيد تماما بحيث نكون عندها كلنا أمواتا)، وإنما لأن قوانين المتوسطات تقودنا إلى أن نتوقع أن أحداثا عديدة بمقياس حدث تونجوسكا سوف تحدث قبل ذلك الوقت بسبب كويكبات من حجم مماثل .

تجري جهود متواضعة جديرة بالاهتمام لمتابعة الآلاف القليلة الأكبر حجما بين "الأجرام القريبة من كوكب الأرض" التي يمكن أن تطرح تهديدا لنا. وإذا وصلنا إلى أن نستنتج أن أيا منها لن يضرب كوكب الأرض خلال السنوات الخمسين القادمة، سنكون قد وصلنا إلى درجة من الطمأنينة تستحق ما تطلبه ذلك من استثمار جماعي متواضع . أما إذا كانت النتيجة أقل طمأنة، فإننا سنستطيع على الأقل أن نجهز أنفسنا ؛ وبالإضافة لو كان الاصطدام المتنبأ به سيقع (مثلا) بعد خمسين سنة من الآن ؛ قد يكون هناك هكذا وقت كاف لإنشاء تكنولوجيا لتحويل مسار الجرم المارق . والأمر يستحق أيضا أن نحسّن من معرفتنا

الاحصائية بالأجرام الأصغر ، حتى لو لم يكن ممكنا أن نتوقع زمنا طويلا للإنذار مقدما عندما يكون أحد هذه الأجرام متجها إلى اصطدام مباشر بكوكب الأرض .

التفجرات البركانية الفائقة

فيما عدا المخاطر الموجودة دائما من الاصطدام بالكويكبات والمذنبات، هناك كوارث طبيعية أخرى هى حتى أصعب فى التنبؤ بها على مدى المستقبل البعيد بل وحتى أشد صعوبة فى توقيها أو تفاديها : من ذلك مثلا مايكون عنيفا من الزلازل والتفجرات البركانية . وتتضمن التفجرات البركانية طائفة نادرة من "التفجرات الفائقة" تكون أكبر بآلاف الأمثال من تفجر بركان كراكاتو فى ١٨٨٣؛ وهذه التفجرات تدفع بآلاف الكيلومترات المكعبة من الحطام إلى طبقات الجو العليا . هناك فوهة فى ويومنج، عرضها ٨٠ كيلو مترا ، هى الذكرى الباقية لحدث من هذا النوع وقع منذ ما يقرب من مليون سنة . وهناك تفجر فائق آخر أقرب لزمننا الحالى ، وقع فى شمال سومطرة منذ ٧٠ ألف سنة وخلف فوهة من مائة كيلومتر وقذف بآلاف عديدة من الكيلومترات المكعبة من الرماد ، وهو قدر كاف لأن يؤدى إلى حجب الشمس لعام أو أكثر .

على أن هناك جانبين من هذه الكوارث الطبيعية العنيفة فيهما ما يطمئننا بعض الشئ. وأولهما أن الأحداث الضخمة من اصطدامات الكويكبات والتفجرات البركانية الهائلة تكون بالغة الندرة بحيث أن أى فرد عاقل لن يشعر بقلق بالغ بشأنها ، ولن يكون مشغولا بها (على الرغم من أنه لو كانت الأمور ممكنة تكنيكيا سيكون مما يجدر بنا أن نقوم بمشروع استثمارى له قدره حتى نقلل لحد أكبر من الخطر) . والجانب الثانى أن هذه الكوارث الطبيعية العنيفة لايحدث انها تزداد سوءا : ربما صرنا أكثر تنبها لها عما كانت عليه الأجيال الأقدم (ولاريب أن المجتمع اصبح أكثر تجنبا للمخاطر عما كان عليه) ، ولكن ليس هناك فى

أى مما يفعله البشر شيئا يرجح معه أن يزيد من مخاطر اصطدامات الكويكبات ، ولا التفجرات البركانية الفائقة .

هكذا فإن هذه الأحداث الطبيعية العنيفة تفيد "كمعيار" إزاء مخـــاطر البيئـــة التى يحدثها البشر وتتنامى سريعا ، والتى يمكن حسب السيناريوهات التشـــاؤمية أن تصبح مخاطر أكبر بألاف المرات .

- ٨ -

تهديدات البشر لكوكب الأرض

التغيرات البيئية التى تحدثها الأنشطة البشرية ، وإن كانت لاتزال غير مفهومة جيدا ، إلا أنها قد تكون أشد خطرا من تهديدات " الخط القاعدى" الناتجة عن الزلازل والبراكين والاصطدامات بالكويكبات .

يصف إ. أو. ويلسون فى كتابه " مستقبل الحياة " مشهدا فيه صورة تلقى الضوء على الهشاشة المعقدة التى فى "الأرض سفينة الفضاء" : "مجمل الحياة ، الذى يُعرف عند العلماء بالمحيط الحيوى ويعرف عند اللاهوتيين بالتكوين ، هو غشاء رقيق من الكائنات الحية ملفوف حول كوكب الأرض ويبلغ من رقته أنه لا يمكن رؤية سمك لحرفه من مكوك فضاء ، ولكنه بالغ التعقيد داخليا بحيث أن معظم الأنواع التى تكوّنه ظلت دون اكتشافها" .

تسبب البشر فى استنزاف تنوع الحياة النباتية والحيوانية على الأرض. من الطبيعى أن تكون الانقراضات أمرا متأصلا فى التطور والانتخاب الطبيعى : الأنواع التى لاتزال باقية على الأرض حاليا هى أقل من ١٠ فى المائة من كل الأنواع التى سبق مطلقا أن سبحت أو زحفت أو طارت . حدث تسلسل خارق للمعتاد للأنواع(التى تكاد كلها أن تكون قد انقرضت الآن) اتُبع فيه المسار المتخبط للطريق الذى قطعه الانتخاب الطبيعى ليؤدى من الكائنات الوحيدة الخلية إلى محيطنا الحيوى الحالى . ظلت الكائنات "الدقيقة " البدائية لما يزيد عن بليون سنة وهى تزفر الاوكسجين، لتغير الجو السام (لنا) فى كوكب الأرض الصغير السن بحيث تخلى الطريق لأشكال الحياة المعقدة ذات الخلايا المتعددة – القادمون الجدد نسبيا – وتخليه لنظهر نحن فى النهاية .

يتطلب الأمر وثبة مفعمة بالخيال حتى نستوعب آماد الزمان الجيولوجية ، ومدى طولها الهائل عندما تُقارن بتاريخ أشباه البشر ، وهذا بدوره أطول كثيرا من التاريخ المسجل للبشر . (هناك فى الثقافة الشعبية ثغرات عدم ترابط هائلة يتم أحيانا تجاهلها ، كما فى الأفلام القديمة مثل "مليون سنة قبل الميلاد" ، الذى يصور راكيل ويلش وهى تتواثب بين الديناصورات) .

نحن نعرف من الحفريات أنه كانت هناك وفرة من أشياء تسبح وتزحف قد تطورت أثناء العصر الكمبرى(*) منذ ٥٥٠ مليون سنة بما أدى إلى تنوع هائل فى الأنواع . وشهدت المائتا مليون سنة التالية أخضرار كوكب الأرض ، ليقدم الموطن البيئى لكائنات غريبة : يعاسيب ضخمة مثل نورس البحر ، وديدان ألفية الارجل يبلغ طولها الياردة ، وعقارب عملاقة ووحوش بحرية تشبة الحبّار . ثم أتت الديناصورات . وأدى موتها المفاجئ منذ ٦٥ مليون سنة إلى فتح الطريق للثدييات ، حتى انبثقت القردة العليا ونحن أنفسنا . يظل النوع باقيا لملايين السنين ؛ وحتى تفجرات الانتخاب الطبيعى التى لها أقصى سرعة تستغرق عموما آلافا من الاجيال حتى تغير مظهر أى نوع . (على ان الأحداث الكارثية تستطيع بالطبع أن تحدث تغيرات عنيفة فى عشائر الحيوان ؛ وكمثل فإن الاصطدام بكويكب يمكن أن يقدح الزناد لانقراضات مفاجئة).

الانقراض السادس

تكشف السجلات الجيولوجية عن خمسة انقراضات عظيمة . وأكبرها كلها حدث فى فترة الانتقال بين العصر البرمى والثلاثى منذ ما يقرب من ٢٥٠ مليون سنة؛ وثانيها كبرا وقع منذ ٦٥ مليون سنة وأباد الديناصورات . إلا أن

(*) العصر الكمبرى : الدور الأول من حقب الحياة القديمة أو الباليوزى . ويرجع الاسم إلى كلمة كمبريا وهى اسم قديم لمقاطعة ويلز بانجلترا حيث اكتشفت صخوره لأول مرة . وأهم حفرياته هى ثلاثيات الفصوص (التريلوبيت) وقد انتهى من حوالى ٥٠٠ مليون سنه . (المترجم)

أفراد البشر يرتكبون الآن ما يؤدى إلى "انقراض سادس" له المقياس نفسه مثل الأحداث السابقة. تنقرض الأنواع الآن بمعدل يزيد بمائة مثل أو حتى بألف مثل للمعدل الطبيعى . قبل أن يصل "الهوموسابينز" (الانسان العاقل) إلى المشهد، كان المعدل يقرب من انقراض نوع واحد فى المليون سنويا ؛ اصبح المعدل الآن أقرب إلى أن يكون نوعا واحدا فى الألف . وبعض الأنواع تُستأصل مباشرة ؛ إلا أن معظم الانقراضات تكون نتاجا لما يحدثه الانسان عن غير قصد من تغيير فى الموطن البيئى ، أو لإدخال انواع غير محلية فى منظومة ايكولوجية .

يحدث الآن تآكل للتنوع الحيوى . تثير الانقراضات الأسى ليس فحسب لأسباب جمالية وعاطفية ، فهذه مواقف تتولد فى مبالغة عن طريق ما يزعم أنه الفقريات الفاتنة ، أو الأقلية الضئيلة من الأنواع التى لها ريش أو فراء، أو الأنواع الأقيانوسية المهيبة . وانما السبب هو أننا على أقصى المستويات النفعية ندمر التباين الوارثى الذى قد تثبت فائدته لنا . وكما يقول روبرت ماى ، "نحن نحرق الكتب قبل أن نتعلم قراءتها" . بل إن معظم الأنواع لم يحدث حتى أن صُنفت فى الكتالوج. طرح جريجورى بنفورد مشروع "مكتبة للحياة"، للقيام بجهد عاجل لجمع وتجميد وتخزين عينة من مجموع الحياة باكملها فى غابة استوائية مطيرة ، وذلك ليس كبديل لاجراءات الحفاظ على البيئة ، وإنما " كبوليسة تأمين".

يتزايد أبدا مع أوجه التقدم البيوتكنولوجى مايحدث من تهديدات للمحيط الحيوى. وكمثل ، فإن سمك السلمون فى مزارع السمك ، يعدَّل وراثيا لينمو بأسرع وأكبر ، ويستطيع هذا السمك المعدل لوهرب إلى البرية أن يتغلب فى منافسته للأنواع الطبيعية . واسوأ كل شئ ان هناك أمراضا جديدة ، يتم اطلاقها دون انتباه ، ويمكنها ان تدمر الأنواع . وفوق كل هذا ، فإن ما يحدث هكذا من تهديد وشيك بنقص الثروات الطبيعية يتضمن اخفاقنا فى إدارة شئون كوكبنا .

على أن التوق إلى عالم "طبيعى" بلا تلف أمر ساذج . البيئة التى يعتز بها الكثيرون منا ويشعرون بأقصى تناغم معها – وهى فى حالتى بيئة الريف الانجليزى – هى كلها تخليق اصطناعى ، نتاج قرون من رعاية زراعية مكثفة ، يثريها الكثير من النباتات والأشجار غير المحلية التى يدخلها المزارعون والبستانيون . بل وحتى المشهد الطبيعى " للغرب القديم " فى أمريكا الشمالية لهو أبعد من أن يكون طبيعيا. وقد ظل الهنود يغيرون من أرض المنطقة قبل الغزوات الأولى من أوروبا : استمرت مزاولة مبدأ "القطع والحرق " لألف سنة على الأقل ، مما جعل الريف مكشوفا بأكثر وبغابات أقل مما فى حالته الأصلية . أما فى القرن العشرين فقد حدث للأرض تحول أشد عنفا .

التوقعات السكانية

يعتمد تأثير البشرية فى الأرض فى المدى الطويل على عاملين معا هما السكان وأسلوب الحياة . نشرت إحدى جماعات الحفاظ على البيئة ، واسمها "دابليو دابليو إف(*)" ، تقديرات لمساحة الأرض ، أو "طبعة القدم" اللازمة لإعاشة الفرد الواحد : وهى تستنتج أن المساحة المطلوبة لإعاشة سكان العالم بأسلوب الحياة ونمط الاستهلاك الذى تتنبأ به الجماعة بالنسبة لعام ٢٠٥٠ ، ستكون مساحة تساوى تقريبا "ثلاثة كواكب" . وهذا الحساب بالذات خلافى ، وربما يكون فيه بعض اتجاهات متحيزة : وكمثل ، فإن "طبعة القدم" تشمل مساحة الغابات اللازمة لامتصاص ثانى أكسيد الكربون المنبعث من استخدام كل فرد للطاقة ، دون إدخال أى حساب للتحول إلى الموارد المتجددة للطاقة ، ولا للرأى القوى بأن الزيادة المتواضعة فى مستويات ثانى اكسيد الكربون هى مما يمكن تحمله . ومع ذلك فإن من الواضح أن العالم لن يتمكن من الاستمرار فى إعاشة كل سكانه بالأسلوب الحالى للطبقة المتوسطة من الأوروبيين والأمريكيين الشماليين .

(*) دابلو دابليو إف WWF مخصورة الكلمات الانجليزية التى تعنى الصندوق العالمى للطبيعة. (المترجم)

وعند الطرف الأقصى الآخر ، فإن عدد سكان يبلغ العشرة بلايين يمكن إعاشته إعاشة كاملة لو ان كل فرد سكن فى شقق بالغة الصغر ، ربما بما يشبه "فنادق الكابسولات" التى توجد بالفعل فى طوكيو ، وعاش على طعام نباتى أساسه الأرز ، وجُعلت له شبكات الكترونية ، وقلت تنقلاته ، ووجد وسائل استجمامه وتحققه فى الواقع الخائلى بدلا من النزعة الاستهلاكية والإنتقال المستمر مما يفضّل الآن فى الغرب المسرف . سيكون هذا الأسلوب من الحياة مقتصدا فى طلبه على الطاقة والموارد الطبيعية . على أنه ليس من اللازم ان يكون هذا غير متوافق مع التقدم الثقافى والتكنيكى : والواقع أن المحركين الأكثر شدة فى النمو الاقتصادى الحالى – التصغير المنمنم وتكنولوجيا المعلومات – هما محركان حميدان بيئيا.

حتى يستمر السكان فى حالة مستقرة ، ينبغى أن تنجب كل امرأة فى المتوسط ٢,١ من الأطفال (الواحد من العشرة الاضافى يضع فى الحسبان الأطفال الذين لايصلون قط لسن الانجاب) . ومعدلات الخصوبة فى الكثير من البلاد المتقدمة أقل من ذلك كثيرا . ولعل مما يثير الدهشة أن ايطاليا الكاثوليكية لديها أقل المعدلات كلها – أى معدل من ١,٢ ولادة لكل امرأة . ويكاد يماثلها انخفاضا اليونان وأسبانيا ومعها روسيا وأرمينيا .

هذا الانخفاض المتطرف فى حجم الأسرة ليس ظاهرة أوروبية فحسب. يوجد الآن أكثر من ستين بلدا حيث معدل الخصوبة أقل من مستوى الإحلال . ولا تقتصر هذه البلاد على الصين التى ظل فيها لزمن طويل ضغط سياسى ملح للإبقاء على "عائلات الطفل الواحد" ، وانما تتضمن هذه البلاد أيضا بلاد أخرى أسيوية مثل اليابان وكوريا وتايلاند حيث لا توجد فيها أى ضغوط من هذا النوع. كما أن هناك إنخفاضات متطرفة فى بلاد أخرى. وكمثل ، على الرغم من سياسة الكنيسة الكاثوليكية المعادية لموانع الحمل ، إلا أن معدل الخصوبة فى البرازيل قد انخفض إلى النصف فى عشرين سنة، وهو الآن ٢,٣ . وفى ايران أبدى

الملالي الحاكمون في تسعينيات القرن العشرين عداء صريحا لجدول أعمال الأمم المتحدة لتحديد النمو السكاني ، ومع ذلك فإن النساء هناك اتخذن قرارهن بخياراتهن الخاصة ، وانخفض معدل الخصوبة من ٥,٥ في ١٩٨٨ إلى ٢,٢ حاليا.

على الرغم من انخفاض معدل المواليد ، إلا أن عدد سكان أوروبا مازال يزيد، وسبب ذلك في جزء منه هو أن أطفال "الانفجار السكاني" أصبحوا الآن في سن الحمل ، والسبب أيضا هو الهجرة وتحسن السن المتوقع للحياة . أدت أوجه التقدم الطبي وإجراءات الصحة العامة إلى إطالة العمر المتوقع مع الامتلاء بالعافية في كل أنحاء العالم فيما عدا أشد الأجزاء حرمانا.

مالم تتدخل كارثة في الأمر ، فإنه يبدو أن من المحتم أن يستمر عدد سكان العالم في التزايد حتى ٢٠٥٠ ، ليصل وقتها إلى الثمانية بلايين . ينتج هذا التوقع عن حقيقة أن توزيع الأعمار الحالي في الدول النامية فيه انحراف حاد تجاه العمر الأصغر، وبالتالي سوف يستمر التزايد حتى ولو كان عند هذه الشعوب مستوى أقل من مستوى إحلال الأطفال . هذا التزايد ، مصحوبا بالنزعة إلى الحياة في المدينة ، سيؤدي إلى أن تنشأ على الاقل عشرون "مدينة ضخمة" يزيد عدد السكان فيها عن العشرين مليون .

هناك انخفاض سريع مذهل في الخصوبة ينبع مما يحدث من تمكين للنساء، وقد أدى هذا لأن تقلل الأمم المتحدة من توقعاتها للنصف الثاني من هذا القرن . وأفضل تخمين حاليا هو أن عدد السكان سيبدأ في الانخفاض بعد ٢٠٥٠ ، ربما ليعود ثانية إلى مقداره الحالي مع حلول نهاية القرن ، إلا إذا أدت أوجه التقدم الطبي إلى التعزيز من عمر الحياة المتوقع ليصل إلى الحد الذي يتنبأ به بعض المستقبليين . سوف يهيمن عمر "مافوق الخمسين" على أوروبا وأمريكا الشمالية ، حتى بدون أي تقنيات جديدة لمد أمد الحياة . ربما ستكون هذه النزعة

مستترة ، خاصة فى الولايات المتحدة ، نتيجة الهجرة من العالم النامى ، فيتأجل الاستقرار وما يترتب عليه من هبوط فى السكان (إن كان سيحدث بأى حال) .

هذا التقدير بالاستقراء يتأسس بالطبع على افتراضاتنا بشأن النزعات الاجتماعية . إذا حدث أن أصبحت البلاد الأوروبية قلقة حقا بالنسبة لهبوط عدد السكان ، فإن الحكومات تستطيع عندها ان تستحدث بسهولة اجراءات لحفز الخصوبة. وعلى العكس من ذلك فإن انتشار اوبئة داخل "المدن الضخمة" يمكن أن يتسبب فى انخفاض كارثى فى السكان من النوع الذى ظهر بالفعل فى أجزاء من أفريقيا ؛ بحلول ٢٠٥٠ فإن هذه التنبؤات يمكن ان تتغير جذريا بواسطة أوجه تقدم تكنيكية فى الروبوتيات والطب يكون فيها عنف بمثل ما يتصوره المتحمسون للتكنولوجيا .

لو أمكننا حقا أن نبقى أحياء فى القرن التالى دون انقلابات كارثية ، ستكون أكثر نتيجة حميدة هى ان يصبح عدد سكان العالم أقل من العدد الحالى (وأقل كثيرا من الذروة المتوقعة حوالى عام ٢٠٥٠) .

أحد المخاطر التى لابد وأن تتضمنها هذه التوقعات للمستقبل ، والتى ربما يكون فيها نذير بغيرها ، هو وباء الإيدز . لم ينتشر هذا الوباء فى السكان من البشر إلا فى ثمانينيات القرن العشرين ، وهو لم يصل بعد إلى ذروته . من المعتقد أن ما يقرب من ١٠ فى المائه من شعب جنوب أفريقيا الذى يبلغ ٤٢ مليون من الأفراد يظهر عند اختبارهم نتيجة ايجابية بالاصابة بالإيدز : ومن المتنبأ به أن الإيدز سوف يسبب سبعة ملايين حالة وفاة فى هذا البلد وحده بحلول عام ٢٠١٠ ، بما يقضى على الكثيرين من مجموعة العمر الاكثر إنجابا ، وهذا يقلل من العمر المتوقع لدى الرجال والنساء معا بما يبلغ عشرون عاما ، مخلفا الملايين من اليتامى المضارين بين الأجيال الصغيرة السن . وباء الإيدز المتفشى والذى يزداد انتشاره سريعا سيؤدى إلى دمار أفريقيا ؛ ومن المتنبأ به أن

ستظهر ملايين الحالات فى روسيا ؛ كما يتزايد سريعا إجمالى أعداد المصـابين بالعدوى فى الصين والهند ، حيث ربما سيحدث أن يزيد عدد الوفيات من الإيدز عن المستويات الافريقية خلال عقد واحد .

هل يمكن أن نتوقع أوبئة "طبيعية" أخرى فاجعة ؟ بعض الخبراء يطمئنوننا بشأن ما يحتمل من استهدافنا للمرض . وكمثل ، فإن بول و. إيوالد يلاحـظ أن الهجرات الكوكبية ، وما يترتب عليها من امتزاج الناس عبر القرن الأخير ، قد أدت إلى أن يتعرض كل فرد لجراثيم مرضية من كل أنحاء العالم ، ومع ذلك لم يتفشى إلا وباء واحد مدمر : هو الإيدز الناتج عن فيروس نقص المناعة . هناك فيروسات أخرى موجودة طبيعيا ، مثل الايبولا(*) ولكنها لا تبقى مستمرة للزمن الكافى لأن تحدث وباء ينفلت منطلقا خارج السيطرة . إلا أن تقدير إيوالد المتفائل نوعا قد ترك جانبا احتمال الخطر من بعض وباء يقدح زناده خطأ بيولـوجى أو إرهابى بيولوجى وليس عن طريق جراثيم طبيعية .

مناخ كوكب الأرض غير الثابت

يتَميز كوكب الأرض خلال كل تاريخه بالتغيرات المناخيـة مثلمـا يتميـز بانقراض الأنواع . ولكن معدل هذه التغيرات حدث له مثل مـا حـدث لمعـدل الانقراض، فزادت سرعته زيادة مزعجة بواسطة تصرفات البشر.

يتعرض المناخ لتغيرات طبيعية بكل المقاييس الزمنية ، ابتداء مـن عقـود السنين ووصولا إلى مئات الملايين منها . بل وحدث حتى فـى نطـاق عهـود التاريخ المسجل أن تغير المناخ الإقليمى تغيرا ملحوظا . كان المناخ فى شمال أوروبا أدفأ منذ ألف سنة : فكان هناك مستعمرات زراعية فى جرينلاند حيـث كانت الحيوانات ترعى على الأرض التى تغطيها الآن الثلوج؛ كمـا ازدهـرت

(*) الإيبولا مرض فيروسى فى أفريقيا يسبب حمى ونزيفا وموتا سريعا بمعـدلات عاليـة . (المترجم)

الكروم فى انجلترا . على أنه حدثت أيضا فترات باردة طويلة . ويبدو أن الفترة الدافئة قد انتهت بحلول القرن الخامس عشر ، ليعقبها "عصر جليدى صغير" استمر حتى نهاية القرن الثامن عشر . وهناك سجلات منتظمة عن وجود ثلج فوق نهر التيمز فى أوقات كثيرة من هذه الفترة كان يبلغ من سمكه أن النيران كانت توقد من فوقه ؛ وزاد تقدم المثلجات(*) فى جبال الألب. لعل هذا "العصر الجليدى الصغير" يطرح مفاتيح مهمة للإجابة عن سؤال ظل خلافيا زمنا متواصلا وهو : هل يمكن لتغيير فى الشمس أن يقدح زناد تغيرات فى المناخ ؟ يبدو أن الشمس خلال هذه الفترة الباردة كان سلوكها فيه شذوذ هين : حدثت فى النصف الثانى من القرن السابع عشر وأول سنين القرن الثامن عشر فترة غامضة من سبعين سنة ، تعرف الآن بأنها فترة الحد الأدنى "لموندر" ، وذلك على اسم العالم موندر الذى لاحظها لأول مرة ، وقد خلت هذه الفترة تقريبا من أى بقع شمسية . يحدث عادة أن النشاط على سطح الشمس المضطرب – الوهج الشمسى والبقع الشمسية وما إلى ذلك – يرتفع إلى ذروته ثم ينخفض ثانية ، مكررا هذه الدورة على نحو غير ثابت نوعا ، ولكنها تحدث تقريبا كل أحد عشر أو اثنى عشر عاما. هناك مزاعم بأن هذه الدورة تؤثر فى المناخ ، وهى مزاعم يرجع تاريخها وراء إلى أكثر من مائتى عام ، ولكنها مازالت خلافية . (مما يزعم أيضا أن الدورة الاقتصادية " تتبع مسار" النشاط الشمسى) . هناك كذلك مزاعم بأن طول دورة بعينها – سواء كانت أقرب إلى أحد عشر أو اثنى عشر عاما – يؤثر فى متوسط درجة الحرارة .

ما من أحد يفهم حقا الطريقة التى يمكن أن تؤثر بها البقع الشمسية والنشاط الوهجى (أو غيابهما) فى المناخ تأثيرا يصل إلى هذا الحد. هناك ربط بين بقع الشمس وبين السلوك المغناطيسى للشمس ، وبينها وبين الوهج الشمسى الذى يولد جسيمات سريعة الحركة تضرب كوكب الأرض . على أن هذه

(*) المثلجة تجمع جليدى عظيم غير ثابت قد يتحرك فى مجار تشبه الأنهار . (المترجم)

الجسيمات نفسها تحمل فحسب جزءا ضئيلا من طاقة الشمس ، ولكننا ينبغى أن نكون متفتحى الذهن بشأن احتمال وجود بعض "مكبر" فى طبقات الجو العليا قد يجعل هذه الجسيمات قادرة على أن تقدح زناد تغيرات مهمة فى الغطاء السحابى. كثيرا ما ضُبط العلماء فى الماضى وهم يرفضون أدلة تقع تحت أبصارهم مباشرة لأنهم لم يستطيعوا وقتها التفكير فى طريقة تشرحها . (أحد الأمثلة المذهلة لذلك هوالانجراف القارى . وكما يبدو فإن خط ساحل أوروبا وأفريقيا يتلاءمان مع خط ساحل الامريكتين ، مثلما تتلاءم أجزاء لعبة الصور المتشابكة "Jigsaw" ، وكأن هذه الكتل من الأرض كانت متصلة معا ذات يوم ثم انجرفت منفصلة . لم يكن هناك أحد حتى ستينيات القرن العشرين يفهم كيف يمكن للقارات أن تتحرك ، وكان هناك بعض علماء الفيزياء الجغرافية المرموقين ممن ينكرون الأدلة التى يرونها باعينهم بدلا من أن يوافقوا علىأن تحرك القارات قد يكون ناتجا عن بعض ميكانيزم لم يكن لديهم الفطنة الكافية للتفكير فيه) .

هناك تأثيرات بيئية أخرى على المناخ ، مثل التفجرات البركانية الكبرى. حدث فى ١٨١٥ تفجر لبركان تامبورا باندونيسيا قذف ما يقرب من مائة كيلومتر مكعب من الغبار فى الستراتوسفير ، ومعها غازات اتحدت ببخار ماء فكوّنت ايروسولات من قطرات حمض الكبريتيك . حل بعدها طقس بارد برودا استثنائيا فى السنة التالية فى أوروبا وكذلك فى نيوانجلند ، وأدى فى ١٨١٦ إلى ما سمى "سنة بلاصيف" .(كتبت مارى شيلى روايتها الفانتازية الكئيبة "فرانكشتين" – أول رواية خيال علمى حديثة – وذلك أثناء طقس تلك السنة اللاموسمى ، حيث كانت فى حالة بيات شتوى فى فيلا مستأجرة لبيرون(*) على شاطئ بحيرة جنيفا) .

(*) لورد بيرون (١٧٨٨ – ١٨٢٤) شاعر رومانسى انجليزى . (المترجم)

أحد التغيرات الجوية التى أحدثها الانسان ، ولم يكن هناك مطلقا أى تنبؤ بها هو ظهور ثقب الأوزون فوق قارة القطب الجنوبى ، والذى سببته التفاعلات الكيميائية لمواد الكلوروفلورو كاربون (ك ف ك) فى طبقة الستراتوسفير وأدت إلى استنزاف طبقةالأوزون . تم الاتفاق دوليا على أن نتخلص على مراحل من المواد المتهمة (ك ف ك) ، التى تستخدم فى معلبات الايروسول ، وكمادة مبردة فى الثلاجات المنزلية ، وقد أدى هذا الاتفاق إلى أن خفف من المشكلة : أخذ ثقب الأوزون الآن فى الامتلاء ثانية. إلا أننا كنا بالفعل محظوظين بأن هذه المشكلة تم علاجها بسهولة بالغة. بول كروتزين هو أحد الكيميائيين الذين شرحوا الطريقة التى تحدث بها بالفعل مواد (ك ف ك) مفعولها فى طبقة الجو العليا ، وقد اوضح أن ما حدث فى ثلاثينيات القرن العشرين من اتخاذ مادة تبريد تجارية اساسها الكلورين كان بمثابة أمر عارض تكنولوجيا وحدث كيميائى طريف . لو كنا استخدمنا البرومين بدلا من ذلك ، لكانت التأثيرات على الجو أكثر عنفا وأطول بقاء.

احترار بيت النباتات الزجاجى (الصوبة)

ينتج الاحترار الكوكبى عما يسمى "ظاهرة بيت النباتات" وهو ، فى تباين مع استنزاف الأوزون ، يعد مشكلة بيئية ليس لها علاج سريع . تحدث هذه الظاهرة لأن الجو فيه شفافية لما يأتيه من ضوء الشمس أكثر من شفافيته "للأشعة الحرارية " تحت الحمراء التى تبثها الأرض ؛ وبالتالى فإن الحرارة تتحبس بما يشبه ما يحدث فى بيت النباتات الزجاجى .ثانى أكسيد الكربون هو أحد "غازات بيت النباتات" التى تحبس الحرارة (وكذلك غازات أخرى كبخار الماء والميثان) .أصبح مستوى ثانى أكسيد الكربون أعلى فعلا بخمسين فى المائه عن مستواه قبل الصناعة ، وذلك بسبب تزايد استهلاك الوقود الاحفورى. هناك اتفاق فى الرأى على أن هذا التراكم سيجعل العالم فى القرن الحادى والعشرين أدفأ مما سيكون عليه بغير ذلك ، وإن لم يكن من الواضح بالضبط

حتى الآن مقدار زيادة الدفء . ومن المرجح أن يكون الارتفاع النسبي في الحرارة ما بين درجتين إلى خمس درجات . وفيما ينبغي ليس غير قلة ممن سيغامرون بذكر تنبؤات فيها دقة أكثر ؛ يحذر الكثيرون من أن هناك سيناريوهات هي حتى أكثر تطرفا ولايمكن استبعادها. وحتى لو كان الارتفاع بدرجتين لاغير ، وهذا تقدير متحفظ جدا ، فإنه يمكن عندها وقوع نتائج محلية خطيرة (مثل المزيد من العواصف وغير ذلك من ظواهر جوية متطرفة) .

لايوجد في مناخ الأرض الحالي ما يعد وضعا مثاليا : وإنما الأمر ببساطة أنه وضع قد تكيفت معه الحضارة البشرية عبر القرون ، كما تكيفت معه الحيوانات والنباتات (النباتات الطبيعية والزراعية معا) التي تتشارك معها في كوكب الأرض. السبب في أن الاحترار الكوكبي الوشيك يمكن أن يكون فيه تهديد بإحداث فوضى مدمرة هوأنه سيقع بمعدل أسرع كثيرا من التغيرات التي حدثت طبيعيا في التاريخ الماضي ؛ معدل أسرع من أن يتكيف معه السكان من البشر ، وأنماط استخدام الأرض ، والنباتات الطبيعية . قد يؤدي الاحترار الكوكبي إلى احداث ارتفاع في مستوى البحر ، وزيادة في الجوالمتطرف في شدته ، وانتشار الأمراض التي يولدها البعوض إلى خطوط عرض أعلى .أما الجانب المشرق في الأمر (من منظورنا البشري) فهو أن المناخ في كندا وسيبريا سيصير أكثر اعتدالا.

عندما يحدث احترار كوكبي مطرد يجري معدله حسب "أفضل التخمينات تحفظا" ، فإنه سيؤدي إلى فرض تكاليف لازمة للتكيفات الزراعية، وترتيب دفاعات للمناطق البحرية ولأرجاء أخرى ، وسوف يفاقم من الجفاف في بعض المناطق . ولا ريب أن الأمر يستحق أن تنفذ الحكومات إجراءات منسقة للإقلال من الاحترار الكوكبي . على أننا سنكون مبالغين لواعتبرنا ان ارتفاع الحرارة بدرجتين أو ثلاث هو في حد ذاته كارثة كوكبية . وانما سيكون في ذلك نكسة للتقدم الاقتصادي وإفقار لدول كثيرة. كثيرا ما تنشأ المجاعات داخل إحدى البلاد

نتيجة سوء توزيع الثروة وليس نتيجة نقص عام فى الطعام ، ويمكن التخفيف منها بإجراءات حكومية .وبالمثل فإن النتائج المترتبة على تغيرات المناخ يمكن تخفيفها ، وتوزيعها فى تساو أكثر بواسطة إجراءات دولية .

لاريب أن الإبطاء الواضح فى النمو السكانى يعد نبأ طيبا بالنسبة لسيناريوهات الاحترار :فالإقلال من الأفراد يعنى الإقلال من بث الحرارة . إلا أن هناك فى المنظومات الجوية والمحيطية قوة قصور ذاتى يبلغ من شدتها أنه مهما كان ما سيحدث ، فمن المرجح فيما يبدو أن متوسط الحرارة سيرتفع فى ٢١٠٠ بدرجتين على الأقل . من الواضح أن أى توقعات لزمن يتجاوز ذلك ستعتمد على ما يكون عليه كبر عدد السكان ، وعلى طريقة حياة الناس وعملهم. بل وبالاضافة إلى ذلك، فإن تحديد المآل على المدى الطويل سيعتمد على ما إذا كان الوقود الأحفورى قد حلت محله موارد بديلة للطاقة . يأمل المتفائلون أن هذا سيحدث كأمر طبيعى . هناك داعية بيئى ضد التشاؤم هو بيورن لومبرج ، وهو يستشهد بقول مأثور لوزير بترول سعودى يقول فيه " سوف ينتهى عصر البترول ، ولكن ذلك لن يكون لنقص فى البترول ، تماما مثلما انتهى العصر الحجرى ، ولم يكن ذلك لنقص فى الحجر" . إلا أن معظم الخبراء يعتقدون أن الحدود العليا التى تفرضها الحكومة كسقف لبث ثانى أكسيد الكربون هى حدود جديرة بأن تفرض ، ليس فحسب لتأثيرها المباشر، وإنما أيضا كحافز لانشاء موارد طاقة متجددة أكثر كفاءة .

ماهى « أسوأ الحالات »

جرى فى القرن العشرين مواقف ايديولوجية فى العلاقات بين الشرق والغرب أدت إلى حفز للمواجهات النووية ، على ان هذه المواقف بالنسبة للكتلة الكبرى من سكان العالم هى مجرد نوع من إلهاء غير ذى موضوع ليصرف الأنظار عن المشاكل المباشرة للفقر والمخاطر البيئية . هناك مصطلح قديم عتيق عما يوجد من "تهديدات بلا أعداء" يصنعها الانسان للمحيط الحيوى

والمحيطات البحرية . لاريب في أن المحيط الحيوى للأرض ظل يتغير بلا توقف عبر تاريخها . إلا أن التغيرات التى تجرى حاليا – التلوث، وفقدان التنوع الحيوى ، والاحترار الكوكبى ، الخ – كلها تغيرات غير مسبوقة فى سرعتها .

ستكون مشاكل التحلل البيئى أكثر تهديدا بكثير حتى مما هى عليه الآن . وربما لن تتمكن المنظومة الايكولوجية من التكيف مع هذه التغيرات . بل وحتى لو حدث الاحترار الكوكبى بمعدل الطرف الأبطأ من مداه المحتمل، إلا أن النتائج المترتبة عليه – مثل المنافسة على إمدادات المياه ، والهجرات بمقاييس كبيرة – يمكن أن تولد توترات تقدح الزناد لصراعات دولية وإقليمية، خاصة إذا توفر مزيد من الوقود لهذه الصراعات بسبب النمو السكانى المستمر . وبالإضافة ، فإن هذا الصراع يمكن أن يتفاقم ، وربما على نحو كارثى ، بسبب التكنيكات المدمرة التى تتزايد فعاليتها والتى تضفى بها التكنولوجيا الجديدة تمكيناً حتى للجماعات الصغيرة .

أما التفاعل بين الجو والمحيطات فهو أمر يبلغ من تعقده وعدم اليقين فيه أننا لايمكننا أن نسقط من حسابنا ما يوجد من احتمال خطر فى إحدى المشاكل التى تحوى ما هو أعنف كثيرا مما يحويه "أفضل تخمين" عن معدل الاحترار الكوكبى . هناك امكان لأن يكون ارتفاع الحرارة فى ٢١٠٠ بما يتجاوز حتى الخمس درجات . بل وأسوأ من ذلك أن تغير درجة الحرارة لن يكون مجرد تغير بنسبة مباشرة (أو "خطية") مع الارتفاع فى تركيز ثانى أكسيد الكربون . وإنما سنجد أنه عند الوصول إلى مستوى عتبة معينة ، يمكن أن يحدث "تقلب" مفاجئ عنيف إلى نمط جديد من الرياح ودورة المحيط.

يشكل "تيار الخليج " جزءا من نمط الانسياب المسمى "الحزام الناقل" حيث تنساب المياه الدافئة للشمال الشرقى تجاه أوروبا قرب السطح ، وتعود بعد

تبريدها إلى أعماق أشد غورا . يؤدى ذوبان ثلوج جرينلاند إلى اطـــلاق حجـــم هائل من المياه العذبة التى تمتزج بالماء المالح ، لتخففه وتجعله قـــابلا للطفـــو بحيث لايغوص حتى بعد أن يبرد . وبالتالى فإن هذا الحقن للمياه العذبة يستطيع أن يخمد نمط الدورة "الحرارية الهالوجينية" (المحكومة بملوحة المحيط وحرارته) وهى دورة حاسمة للحفاظ على المناخ المعتدل لشمال أوروبا . لو حدث أن قُطع " تيار الخليج " أو انعكس ، سيكون ممكنا أن تتغمر بريطانيا والبلاد المجاورة فى فصول شتاء تقرب من الشتاء القطبى، مثل فصول الشتاء التى تسود حاليا عنـــد خطوط العرض المماثلة فى كندا وسيبريا .

نحن نعرف أن تغيرات من هذا النوع قد حدثت فى الماضى لأن قضـــبان قلب الثلج التى نحصل عليها بالحفر بمثقاب (بريمة) خلال صفحات الـــثلج فـــى جرينلاند وقارة القطب الجنوبى تمدنا بنوع من سجل حفرى لدرجات الحرارة : ففى كل سنة يتجمد ثلج جديد عند القمة ويضغط لأسفل الطبقات الأقدم . ويبـــدو أنه حدث فى مرات كثيرة خلال المائة الف سنة الماضية فترات ابتـــراد عنيفـــة خلال عقود من السنين أو أقل . والواقع ان المناخ قد أصبح مستقرا على نحـــو غير معتاد خلال الثمانية آلاف سنة الماضية . أما ما يثير القلق فهو أن الاحترار الكوكبى الذى يحدثه الانسان قد يجعل "التقلب" التالى أكبر عنفا إلى حد كبير .

لو حدث "تقلب" لتيار الخليج سيكون فى ذلك كارثة لغرب أوروبا، حتـــى ولو أمكن أن يكون له مايوازيه من "جانب مفيد" فى مكان آخر . هناك سيناريو آخر (وإن كان باعتراف الجميع من غير المرجح) وهو ما يسمى "ظاهرة بيـــت النباتات المنفلتة" حيث يسبب ارتفاع الحرارة تغذية مرتدة إيجابية تطلق بـــدورها المزيد من غازات بيت النباتات . سيلزم أن تكون الأرض بالفعل أسخن بما لـــه قدره مما تكون عليه فى الواقع حتى تصبح معرضة لأى احتمال بخطر من تبخر منفلت للمياه من المحيطات (حيث ان بخار الماء هو أحد غازات بيت النباتات) .

ولكننا لا نستطيع أن نستبعد هكذا بحزم أن يحدث انفلات بسبب انطلاق كميات هائلة من الميثان المنحبس فى التربة (الميثان كغاز لبيت النباتات له فاعلية هى على الأقل بعشرين مثل لفاعلية ثانى أكسيد الكربون). سيكون فى انفلات كهذا كارثة كوكبية .

لو كنا نستطيع أن نكون واثقين ثقة مطلقة بأنه لا يمكن أن يحدث أى شئ أكثر عنفا من أن تكون التغيرات المناخية تغيرات "خطية" ، فسيكون فى هذا ما يطمئن . إلا أن وجود احتمال صغير لأن يحدث شئ ما يكون حقا كارثيا لهو أمر أكثر إقلاقا من وجود احتمال أكبر لوقوع احداث أقل تطرفا . لايمكن ولا لأقصى ما يكون تصوره من عنف فى التحولات المناخية أن يؤدى مباشرة لتدمير البشرية كلها ، إلا أنه يمكن للأسوأ من هذه التحولات ، عندما يكون مصحوبا بتغييرات إلى أنماط من الطقس تذهب إلى مدى أبعد كثيرا فى تغيرها وتطرفها ، أن يؤدى إلى سلب عقود من السنين من التقدم الاقتصادى والاجتماعى .

حتى لو كان هناك احتمال من واحد فقط فى المائة بأن تؤدى تغيرات الجو التى يحدثها الانسان إلى قدح الزناد لتحول متطرف ومفاجئ فى المناخ - وهذا أمر يحتاج من عالم الأرصاد الجوية إلى أن يكون حقا واثقا جدا حتى يرتب على احتمالات قليلة هكذا - حتى لو كان الأمر كذلك فإن هذا توقع مزعج بالقدر الكافى لأن يبرر اتخاذ اجراءات وقائية أكثر عنفا مما اقتُرح بالفعل فى اتفاقية كيوتو (التى تتطلب من البلاد الصناعية الإ قلال مما ينبعث منها من ثانى أكسيد الكربون لتصبح مستوياته فى ٢٠١٢ مماثلة لمستوياته فى ١٩٩٠) . سيكون تهديد مثل هذا أكبر بمائة مثل من احتمال خطر الخط القاعدى للكوارث الطبيعية التى تتعرض لها الأرض ، بصرف النظر عن التصرفات البشرية ، كما فى الاصطدام بالكويكبات والاحداث البركانية القصوى .

أُنهى هذا الفصل بالاستشهاد بتقييم متزن من الأمير تشارلز أمير ويلـــز ، الذى نادرا ما يستشهد العلماء بآرائه فى موافقـــة عليهـــا ، ويقـــول الأميـــر ان "التهديدات الاستراتيجية التى تفرضها البيئة الكوكبية ومشاكل التنمية تُعد من بين التحديات التى تواجه أمننا أكثرها تعقدا وتشـــابكا وأكثرهـــا إمكانـــا للتـــدمير . العلماء... لا يفهمون فهما كاملا النتائج التى تترتب على تهجمنا بأوجه متعـــددة على النسيج المتشابك للجو ، والمياه ، والأرض ، والحياة بكل ما فيها من تنوع بيولوجى . من الممكن أن يثبت فى النهاية أن الأمور ستكون أسوأ مما يوجـــد حاليا كأفضل تخمين علمى . تأسست السياسة لزمن طويل فى الشئون الحربيـــة على القول المأثور بأننا ينبغى أن نكون مستعدين لأسوأ حال . لماذا ينبغـــى ان يكون الأمر جد مختلف عن ذلك عندما يكون الأمن الذى نتناوله هو أمـــن هـــذا الكوكب ومستقبلنا على المدى الطويل ؟" .

- ٩ -

مخاطــر قصــوى

رهـان باسكال

هناك بعض التجارب التى يمكن أن نتصور أنها تهدد كل كوكب الأرض . ما هو المدى الذى ينبغى أن يقترب به الخطر المزعوم من الصفر قبل أن تُحظر هذا التجارب ؟

طرح الرياضى الصوفى بليز باسكال محاجة مشهورة للسلوك الورع: لــو كنت حتى تعتقد أنه من غير المرجح لأقصى حد أن يكون هناك وجــود لإلــه منتقم، سيظل من الحصافة وسلامة التفكير أن تسلك وكأن لهذا الإله وجود ، لأن الأمر جدير بأن تدفع ذلك الثمن (المحدود) بالامتناع عن المتع المحرمة فى هذه الحياة وكأن ذلك "قسط تأمين" تتقى به أى احتمال ، مهما كان صــغيرا ، لأن يحل بك أمر مرعب رعبا لا نهائيا – الجحيم الأبدى – فى الحياة الآخرة . يبدو أن هذه المحاجة ليس لها إلا أقل صدى حاليا ، حتى بين من يعلنون إيمانهم .

يُعد رهان باسكال المشهور نسخة متطرفة من "مبدأ التوقى" . يُنفَّــذ هــذا الخط من الاستدلال على نحو واسع فى الشئون الصــحية والسياســية البيئيــة. وكمثل، فإن النتائج التى تترتب على المدى الطويل بتأثير النباتات والحيوانــات المحوّرة وراثيا فى صحة الانسان أو فى التوازن الإيكولوجى ، لهى نتائج غيــر مؤكدة بشكل واضح : وقد يبدو من غير المحتمل أنها ستحدث نتيجة كارثيــة ، ولكننا لا نستطيع أن نقول أن هذا مستحيل . يحث أنصار مبدأ التوقى على أننــا ينبغى أن نتصرف بحذر ، وأنه ينبغى أن تكون مسئولية البينــة علــى أنصــار التحوير الوراثى حتى يقنعوا سائرنا بأنه لا أساس لأى مخاوف – أو على أقــل القليل ، فإن احتمال المخاطر قليل للغاية بما يكفى لأن يفوقه وزنا وجود بعض

مزايا خاصة وجوهرية . وهناك محاجة مشابهة وهى أننا ينبغى أن نمتنع عن أى مزايا فيها استهلاك للطاقة استهلاكا مسرفا ، وبالتالى نقلل من النتائج الضارة للاحترار الكوكبى – خاصة ذلك الاحتمال الصغير بالخطر من أن نتائج هذا الاحترار يمكن أن تكون أشد خطورة مما يطرحه "أفضل تخمين " عنها .

تبين ملاحظة التوقعات الهائلة للتكنولوجيا وجود تصاعد لأنواع شتى من الكوارث المحتملة ، ليس فحسب نتيجة فعل شرير متعمد وإنما أيضا نتيجة إهمال برئ. نستطيع أن نتصور أحداثا – حتى وإن كانت غير مرجحة – إلا أنها يمكن أن تسبب انتشارا عالميا لأوبئة من أمراض قاتلة ليس لها أى علاج ، أو ان تغير المجتمع تغيرا لا عكوسيا . كما أن علم الروبوتيات والنانوتكنولوجيا يمكنهما على المدى الطويل أن يكونا حتى أكثر تهديدا .

على أنه ليس من غير المتصور أن الفيزياء ايضا يمكن لها أن تكون خطرة. تصمَّم بعض التجارب لتولد أحوالا أكثر تطرفا من أى مما يحدث قط طبيعيا . ولا أحد يعرف وقتها ما الذى سيحدث على وجه الدقة . فى الواقع ، لن يكون هناك أى معنى لإجراء التجارب لو كنا نستطيع أن نتنبأ مقدما بنتائجها بالكامل . خمن بعض المنظرين أن أنواعا معينة من التجارب يمكن فيما يُتصوَّر أن تطلق العنان لعملية منفلتة لآ تقتصر على أن تدمرنا نحن فحسب بل وتدمر كوكب الأرض نفسه . وفيما يبدو فإن وقوع حدث من هذا النوع أمر أقل احتمالا إلى حد بعيد عن وقوع الكوارث التى يحدثها الانسان بالبيولوجيا أو النانوتكنولوجيا والتى يمكن أن تحل بنا خلال هذا القرن، وهى ولا ريب أقل احتمالا عن وقوع اصطدام بكويكب ضخم . ولكن لو أن كارثة من هذا النوع وقعت ، فإنها ستكون بأى تقدير أسوأ من "مجرد" تدمير الحضارة، أو حتى تدمير كل الحياة البشرية . يثير ذلك قضية الطريقة التى نحسب بها كمّيا الدرجات النسبية من الروع ، وما تكونه الاحتياطات التى ينبغى اتخاذها (وبواسطة من) لتوقى وقوع أحداث قد يبدو احتمال وقوعها احتمالا فائق الصغر، ولكنها يمكن

أن تؤدى إلى كارثة تكاد تكون "سيئة إلى حد لا نهائى" . هل ينبغى ان نمتنــع عن إجراء بعض أنواع من التجارب ، بناء على السبب نفسه الذى جعل باسكال يوصى باتباع السلوك الورع ؟

المخاطرة بكوكب الأرض

يرجع هذا النوع من القلق البروميثى(*) وراء إلى مشروع القنبلــة الذريــة أثناء الحرب العالمية الثانية . تساءل البعض وقتها عما إذا كنا نستطيع أن نكون واثقين ثقة مطلقة من أن الانفجار النووى لن يشعل كل ما للعــالم مــن جــو أو محيطات ؟ تأمل ادوارد تيلر فى هذا السيناريو فى وقت مبكر يرجع إلى ١٩٤٢، وأجرى هانز بيث حسابات سريعة بدا أنها مطمئنة . حدث فـــى ١٩٤٥ ، قبــل إجراء اختبار "الثالوث" لأول قنبلة ذرية فى نيومكسيكو ، أن وجه تيلر واثنان من زملائه هذا السؤال فى تقرير لمركز لوس الاموس . ركز كاتبو التقريــر علــى احتمال أن يقع تفاعل منفلت للنيتروجين الجوى ، وكتبوا أن ، "الملمــح الوحيــد الذى يثير انزعاجا هو أن (عامل الأمان) ينخفض انخفاضا سريعا عند الحــرارة الابتدائية " . أدى هذا الاستدلال إلى تجدد القلق فى خمسينيات القرن العشرين، لأن القنابل الهيدروجينية (الاندماجية) تولد حقا حرارة قد يصل ارتفاعها حتــى إلى حد أعلى ؛ وعاود فيزيائى آخر ، هو جريجورى بريت ، بحث المشكلة قبل أول اختبار للقنبلة الهيدروجينية . من الواضح الآن أن "عامل الأمان" الفعلى كان حقا كبيرا جدا . ومع ذلك فإن المرء ليتساءل إلى أى حد صغير كــان يلــزم أن تكون التقديرات المعاصرة لذلك العامل حتى يشعر المسئولون عن الأمر بأن من الحكمة أن ننبذ اختبارات القنبلة الهيدروجينية .

نحن نعرف الآن معرفة أكيدة أن سلاحا نوويا منفردا ، مهما كان مــدمرا ، لا يمكن أن يقدح زناد سلسلة تفاعل نووى تدمر كوكب الأرض أو جوه تــدميرا

(*) نسبة لبروميثيوس وهو فى الاساطير الاغريقية قد سرق النــار مــن الآلهــة وأعطاهــا للانسان. (المترجم)

مطلقا . (على أنه لو تم إطلاق كل ترسانات الولايات المتحدة وروسيا فانها مع ذلك يمكن أن يكون لها تأثير يماثل فى ضرره أى كارثة طبيعية مما يمكن توقعه خلال المائة ألف سنة القادمة) . إلا أن بعض التجارب الفزيائيــة التــى جــرى تنفيذها لأسباب من محض البحث العلمى لها القدرة فيما يمكن تصــوره – أو أن هذا ما يزعمه البعض – على ان تفرض تهديدا كوكبيا أو حتى كونيا . تطــرح هذه التجارب "حالة للدراسة " من نوع مهم تدور حول من الذى ينبغى أن يصدر القرار (وبأى طريقة) بالنسبة لحظر تجربة لها "جانب سئ" كارثى هو وإن كان من غير المرجح لأقصى درجة إلا أنه ليس مما يمكن إلغاء تصوره تمامـــا ، خاصة عندما لايكون لدى قادة الخبراء ثقة فى نظريـــاتهم بالقـــدر الكـــافى لأن يطرحوا مســـتوى الطمأنينة الأكيدة التى ربما يتوقعهـــا الجمهور علـــى النحـــو الملائم.

يقدر معظم الفيزيائيين (وأنا أعد نفسى واحداً منهم) أن درجة احتمال هذه التهديدات تقدر بأنها غير محتملة جدا جدا . على أن من المهم أن نوضح ما الذى يعنية فعلا هذا النوع من التقدير . هناك معنيان متميزان لكلمة الاحتمال . الأول معنى فيه ما يؤدى إلى تقدير حاسم موضوعى ، ويُستخدم عندما يكون الميكانزم الأساسى مفهوما فهما جيدا، أو عندما يكون الحدث الذى تجرى دراسته قد وقـــع مرات كثيرة فى الماضى . وكمثل ، فإن من السهل عندما يتم تلفيـــف عملـــة بغير انحياز عشر مرات أن يكون احتمال وقوعها عشر مرات علـــى جانـــب الصورة أقل هونا من الواحد فى الألف ؛ كما أن احتمال الاصابة بالحصبة أثناء وباء لها احتمال يمكن تقديره كمّيا ، وذلك لأننا حتى لو كنا لا نستطيع فهم كل التفاصيل البيولوجية لانتقال عدوى الفيروس ، فإن لدينا معطيات من أوبئة كثيرة سابقة .إلا أن هناك نوعا ثانيا من الاحتمال الذى يعكس مالايزيد عن أن يكـــون تخمينا متنورا بالمعلومات ، وقد يتغير عندما نـــتعلم المزيـــد . (وكمثـــل فـــإن التقديرات التى يعطيها شتى الخبراء عن نتائج الاحترار الكوكبى هى ترجيحات

ذاتية من نوع متشابه) . قد يقول رجال الشرطة فى تحقيق جنائى أنه "يبدو من المحتمل جدا " أو "من غير المحتمل إلى حد كبير" ان هناك جثة مدفونة فى مكان معين . ولكن هذا لايعكس إلا احتمالات رهان يطرحونها فـــى ضـــوء الأدلـــة المتاحة. سيكشف المزيد من الحفر عما إذا كانت الجثة موجودة أو غير موجودة هناك ، وبالتالى فإن الاحتمال هنا هو إما بواحـــد أو بصـــفر. عنـــدما يتأمـــل الفيزيائيون حدثا لم يسبق قط أن وقع ، أو عملية سيئة الفهم، فإن أى تقييم يمكن لهم طرحه سيكون مشابها لهذا النوع الثانى من الاحتمال : فهو تخمين متنـــور بالمعلومات ، يدعمه (دعما كثيرا ما يكون قويا جدا) نظريات راسخة رســـوخا جيدا ، ولكنه مع ذلك مفتوح للمراجعة فى ضوء ما هو جديـــد مـــن الأدلـــة أو التبصر.

أهى تجربتنا « النهائية » ؟

يهدف الفزيائيون إلى فهم الجسيمات التى يُصنع العالم منها والقـــوى التـــى تتحكم فى هذه الجسيمات . وهم يتوقون إلى سبر أقصى ما هو متطـــرف مـــن الطاقات ، والضغوط ، ودرجات الحرارة ؛ وهم يبنون لهذا الهدف ماكينات هائلة متقنة : معجلات الجسيمات . الطريقة المثلى لانتاج تركيز شديد من الطاقة هى تعجيل حركة الذرات لتصل إلى سرعات هائلة ، قريبة من ســـرعة الضـــوء ، وسحق هذا الذرات معا . وأفضل كل شئ أن يستخدم فى ذلك الـــذرات الثقيلـــة جدا. وكمثل ، فإن ذرة الذهب لها كتلة تصل تقريبا إلى مائتى مثـــل لكتلـــة ذرة الهيدورجين . تحوى نواة ذرة الذهب ٧٩ بروتونا و ١١٨ نيوترونا . أمـــا ذرة الرصاص فتظل هى الأثقل ، وتحوى ٨٢ بروتونا و١٢٥ نيوترونـــا . عنـــدما تتسحق معا ذرتان من هذا النوع فإن مكوناتهما من البروتونات والنيوترونـــات تتفجر داخليا لتصل إلى كثافة وضغط أعلى كثيرا مما كانت عليه عندما كانـــت محزومة فى نواة ذهب أو رصاص طبيعية . وربما يحدث بعدها أن تتحلل إلى جسيمات أصغر . وحسب النظرية ، نجد أن كل بروتون ونيوترون يتكوّن من

ثلاثة كواركات ، وبالتالى فإن "الرشاش الناجم عن الضربة" يطلق مايزيد عن ألف كوارك . ما يحدث من ظروف فى معجل الجسيمات فيه تكرار على نطاق دقيق الصغر للظروف التى كانت تسود فى أول ميكرو- ثانية بعد "الانفجار الكبير" عندما كانت كل مادة الكون مضغوطة فيما يسمى بلازما(*) الكوارك- الجلون(**) .

يثير بعض الفيزيائيين وجود إمكان لأن هذه التجارب قد تؤدى لأمور أسوأ كثيرا من مجرد سحق ذرات معدودة ، كأن تدمر مثلا كوكبنا الأرضى أو تدمر حتى كوننا كله . وتتخذ رواية جريج بنفورد "كوزم" من هذا الحدث موضوعا لها، حيث تؤدى تجربة فى معمل بروكهافن إلى تدمير المعجل وتكوين "كون مصغّر " جديد (يظل هذا الكون المصغر ، بما يثير الارتياح ، مغلقا داخل كرة صغيرة بالصغر الكافى لأن يحملها هنا وهناك طالب الجامعة الذى خلّقها) .

لو أن تجربة ولّدت تركيزا غير مسبوق من الطاقة ، فمن الممكن أن نتصور – وإن كان هذا التصور غير محتمل إلى حد كبير – أن ذلك يمكن أن يقدح الزناد لثلاثة سيناريوهات كارثية مختلفة كل الاختلاف .

ربما يمكن أن يتشكل ثقب أسود ، ليمتص بعدها كل ما يحيط به. حسب نظرية النسبية لأينشتين ، سنجد أن الطاقة اللازمة لصنع ثقب أسود، مهما كان صغيرا ، تفوق كثيرا ما يمكن أن تولده هذه الاصطدامات . على أن بعض النظريات الحديثة تتطلب وجود أبعاد فضائية إضافية تتجاوز أبعادنا الثلاثة المعتادة ؛ يترتب على ذلك تقوية قبضة الجاذبية ، مما يجعل تفجر جرم صغير داخليا إلى ثقب أسود أمرا أقل صعوبة مما كنا نعتقده من قبل . على أن هذه

(*) البلازما مصطلح فيزيائى يعنى أصلا مرحلة تأين عالى للغازات تتساوى فيها تقريبا الأيونات الموجبة والسالبة فتتعادل كهربائيا. (المترجم) .

(**) الجلونات جسيمات القوة التى تربط الكواركات معا فى بروتونات أو نيوترونات . (المترجم) .

النظريات نفسها تطرح أن هذه الثقوب ستبقى مع ذلك غير ضارة ، لأنها سوف تتآكل مختفية فى التو تقريبا ، بدلا من أن تجذب بشدة لداخلها المزيد من المواد مما يحيط بها .

الاحتمال المخيف الثانى هو أن الكواركات قد تعيد تجميع أنفسها فى جرم بالغ الانضغاط يسمى "جسيم سترينجليت" (الغرائبى). وقد يكون هذا فى حد ذاته أمر لا يضر : فسيبقى السترينجليت أصغر كثيرا من الذرة الواحدة . على أن وجه الخطر هو أن السترينجليت يمكن عن طريق العدوى أن يحول أى شئ آخر يلقاه إلى شكل غريب جديد من المادة . ألّف كيرت فونجوت رواية اسمها "مهد القطة" وفيها ينتج عالم بالبنتاجون شكلا جديدا من الثلج ، "ثلج تسعة" ، يكون صلبا فى درجات الحرارة العادية ؛ وعندما يفلت هذا الثلج من المعمل فإنه يصيب الماء الطبيعى "بالعدوى" ، فتتجمد حتى المحيطات . وبمثل ذلك ، فإن إحدى الكوارث السترنجيلية المفترضة يمكن أن تحول كل كوكب الأرض إلى كرة خامدة فائقة الكثافة عرضها يقرب من مائة متر .

يظل احتمال الخطر الثالث من تجارب الاصطدام هذه هو الأكثر غرابة ، وهو بالإمكان أكثرها كلها كارثية : ففيه كارثة تبتلع الفضاء نفسه . الفضاء الخاوى – أو ما يسميه الفزيائيون "الفراغ" (Vacuum) – هو أكثر من أن يكون مجرد لاشئ . إنه ساحة يحدث فيها أى شئ : ويكمن من داخله كل القوى والجسيمات التى تحكم عالمنا الفيزيقى . يظن بعض الفيزيائيين أن الفضاء يمكن أن يوجد فى "أطوار " مختلفة بما يشبه وجود الماء فى ثلاثة أشكال : الثلج ، والسائل ، والبخار . وبالإضافة فإن الفراغ الحالى يمكن أن يكون هشا وغير مستقر. والتشبيه هنا يكون بالماء "المبرد تبريدا فائقا" . يمكننا أن نبرد الماء إلى درجة أقل من نقطة تجمده الطبيعية إذا كان ماء بالغ النقاء والسكون ؛ على أنه لن يتطلب الأمر إلا وقوع اضطراب صغير محلى – كأن تسقط مثلا ذرة غبار فى الماء الفائق التبريد – حتى يؤدى هذا إلى قدح زناد تحوله إلى ثلج . يخمن

البعض بأنه على مثال ذلك فإن الطاقة المركزة التي تتخلق عند اصطدام الجسيمات معا يمكن أن تقدح الزناد "لطور انتقالي" يمزق نسيج الفضاء نفسه. سوف تنتشر حدود الفراغ الجديد الطراز مثلما تتمدد فقاعة . لايمكن أن توجد ذرات في هذه الفقاعة : وإنما سيكون من الفقاعة "ستائر" تتسدل علينا نحن وكوكب الأرض ، بل والكون الأوسع ؛ ويحدث في النهاية أن يتم ابتلاع المجرة بأكملها وما بعدها . ونحن لن نرى قط هذه الكارثة وهي آتية لنا . سوف تتقدم "فقاعة" الفراغ الجديد بسرعة البرق وما من إشارة يمكن أن تحذرنا مقدما من مصيرنا . ستكون هذه كارثة كونية وليست فقط أرضية .

قد تبدو هذه السيناريوهات شاذة ، إلا أن الفيزيائيين يناقشونها بوجه جامد. سنجد أن النظريات المفضلة بأكثر فيها ما يطمئن . فهي تتضمن أن احتمال الخطر هو صفر . ولكننا لا نستطيع أن نكون واثقين مائة في المائة مما قد يحدث بالفعل . فالفيزيائيون لهم القدرة على أن يحلموا بنظريات بديلة (بل إنهم حتى يسجلون معادلاتهم مكتوبة) فيها ما يتسق مع أي شئ مما نعرفه ، وبالتالي فانها نظريات لايمكن استبعادها استبعادا مطلقا ، وهذا فيه ما يسمح بأن تقع الواحدة أو الأخرى من هذه الكوارث . قد لا تكون هذه النظريات البديلة من خيل الطليعة في السباق ، ولكن هل هي كلها على درجة من اللا مصداقية تجعلنا في غير حاجة للانزعاج ؟

حدث فيما مضى في ١٩٨٣ ، أن أصبح الفيزيائيون بالفعل مهتمين بتجارب الطاقة العالية من هذا النوع . أثناء زيارة لي لمعهد الدراسات المتقدمة في برنستون ، ناقشت هذه القضايا مع زميل هولندي هو بيت هت ، وكان أيضا يزور برنستون ثم صار بعدها أستاذا هناك . (هذا المعهد ، الذي استمر فيه فريمان دايسون كأستاذ لزمن طويل ، له أسلوب أكاديمي يشجع فيه استخراج التفكير والتخمينات "من جراب الحاوي") . أدركنا أنا و هت أن إحدى الطرائق للتأكد من أن إحدى التجارب ستكون آمنة هي أن نعرف ما إذا كانت الطبيعة قد

سبق أن أجرتها لنا من قبل . وثبت فى النهاية أن اصطدامات مشابهة لتلك التى خُطط لها فى تجارب ١٩٨٣ هى مما يشيع حدوثه فى الكون . تنتشر فى الكون كله جسيمات تعرف باسم الأشعة الكونية تندفع خلال الفضاء بسرعة تكاد تصل لسرعة الضوء ؛ تتصادم هذه الجسيمات بصورة روتينية مع النوى الذرية الأخرى فى الفضاء ، وذلك على نحو أعنف حتى مما يمكن انجازه فى أى تجربة يتاح اجراؤها حاليا . واستنتجنا أنا وهت أن الفضاء الخاوى لايمكن أن يكون هشا بالدرجة التى يمكن بها أن يتمزق بددا بأى شئ مما يستطيع الفيزيائيون فعله فى تجارب معجلاتهم . فلو كان ذلك ممكنا لما استمر بقاء الكون بالزمن الطويل الكافى لأن نوجد نحن بأى حال . على أنه لو حدث واصبحت هذه المعجلات . أكثر قوة بمائة مثل – وهذا أمر مازالت القيود المالية تجعله مستحيلا ، وإن كان قد يصير مما يمكن تحمل تكلفته لو نشأت تصميمات جديدة بارعة – عندها سوف يتجدد احياء هذه المشاعر من القلق ؛ هذا إلا إذا حدث فى الوقت نفسه ان تقدم فهمنا بالدرجة الكافية لأن تتيح لنا أن نصنع بناء على النظرية وحدها تنبؤات أكثر متانة وطمأنة .

ظهرت المخاوف القديمة ثانية على السطح فى وقت أحدث عندما تم إعلان خطط ، فى كل من المعمل القومى للولايات المتحدة فى بروكهافن ومعمل سيرن(*) فى جنيف ، لسحق الذرات معا بقوة أشد حتى من أى مما حدث فيما سبق. كان مدير معمل بروكهافن وقتها هو جون ماربيرجر (وهو الآن المستشار العلمى للرئيس بوش) ، وطلب ماربيرجر من مجموعة من الخبراء النظر فى هذه القضية . أجرى هؤلاء الخبراء حساباتهم باتجاهات جرت حسب الاتجاه الذى أعطيته أنا وهت ؛ وأبدو الطمأنينة من أنه لا يوجد أى تهديد بيوم حساب كونى يُقدح زناده بتمزيق نسيج الفضاء .

(*) سيرن مخصورة الكلمات الفرنسية التى تعنى "المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية ". (المترجم)

إلا أن هؤلاء الفيزيائيين لم يستطيعوا أن يكونوا مطمئنين تماما بالنسبة لاحتمال وجود خطر من جسيمات السترينجليت . لاريب أن هناك اصطدامات بالطاقة نفسها تقع فى الكون ، ولكن ذلك يكون تحت ظروف تختلف فى جوانب مهمة عن تلك التى فى التجارب المخططة على الأرض ؛ وهذه الاختلافات يمكن لها أن تغير من الاحتمالات بوقوع عملية منفلتة .

تحدث معظم الاصطدامات الكونية "الطبيعية" فى فضاء ما بين النجوم، فى بيئة يبلغ من تخلخلها أنه حتى لو أنتجت الاصطدامات أحد جسيمات السترينجليت سيكون من غير المرجح أن يلاقى نواة ثالثة ، وبالتالى لن يكون هناك فرصة لعملية منفلتة . كذلك تختلف الاصطدامات بكوكب الأرض اختلافا جوهريا عن تلك التى تحدث فى المعجلات ، لأن النوى الآتية تُوقَف فى الجو ، وهذا لايحتوى على ذرات ثقيلة مثل الرصاص والذهب .

إلا أن هناك بعض النوى السريعة الحركة تصطدم مباشرة فوق سطح القمر الصلب، الذى يحوى بالفعل ذرات ثقيلة هكذا. ظلت الاصطدامات من هذا النوع تحدث عبر كل تاريخ القمر . ومع ذلك بقى القمر موجودا ، وقد عرض كاتبو تقرير بروكهافن هذه الحقيقة التى لا تقبل الجدل حيث أن فيها كل الطمأنينة من أن التجربة المقترحة لن تستطيع أن تبيدنا. على أنه حتى هذه الاصطدامات فيها ما يختلف عن تلك التى ستحدث فى معجل بروكهافن ، ولو من جانب واحد قد تكون له أهميته . عندما يصطدم جسيم سريع فوق سطح القمر، فإنه يصطدم بنواة تكاد تكون ساكنة ، فيصيبها "بركلة" أو ارتدادة . وعندما تنتج جسيمات سترينجليت كحطام فى هذا الاصطدام ، فإنها ستشارك فى هذه الحركة الارتدادية، وبالتالى فإن هذا قد يبعث بها مندفعة خلال مادة القمر. سنجد فى تباين مع ذلك أن تجارب المعجل تتضمن اصطدامات سمترية، حيث يقترب جسيمان أحدهما من الآخر فى اصطدام "للرأس بالرأس" . وعندها لن يكون هناك

أى ارتداد : لن يكون لجسيمات السترينجليت حركة خالصة وبالتالى فإنهـا قـد تكون لها فرصة أكبر للنجاح فى أن تقبض على المادة التى تكتنفها.

حيث أن التجربة سوف تولد ظروفا لم تحدث قط طبيعيـا ، فـإن عوامـل الطمأنة الوحيدة تأتى من حجتين نظريتين . الأولى هى أنه حتى لو كان هنـاك إمكان لوجود لجسيمات السترينجليت ، فإن المنظرين يعتقدون أنـه مـن غيـر المرجح أنها سوف تتشكل فى هذه الاصطدامات العنيفة : وفيما يبدو فإن الأرجح هو أن حطام الاصطدام سوف يتشتت فى اعقاب الاصطدام ، بدلا من أن يعاود التجمع فى قطعة واحدة متكتلة. والثانية ، هـى أنـه لـو تكونـت جسـيمات الاسترينجليت ، فإن المنظرين يتوقعون أن يكون لها شحنة كهربائية موجبـة . ومن الناحية الأخرى ، فإنه حتى تقدح هذه الجسيمات زناد تنامى منفلت لابد وأن تكون لها شحنة سالبة (حتى يحدث تجاوب وليس تنافر مع النوى الذرية الموجبة المحيطة بها) .

هكذا فإن أفضل التخمينات النظرية مطمئنة . لخص عالمان الموقف بإيجاز بليغ وهم شيلدون جلاشو المنظّر ، وريتشارد ويلسون أحد خبراء قضايا الطاقة والبيئة ، فقالا ، "إذا كان هناك وجود لجسيمات السترينجليت (وهذا أمر يمكـن تصوره) ، وإذا كانت تشكل قطعا متكتلة مستقرة إلى حد معقول (وهـذا أمـر غير مرجح) ، وإذا كانت سالبة الشحنة (وإن كانـت النظريـة تحبـذ بشـدة الشحنات الموجبة) ، وإذا كان فى الإمكان تخليق جسيمات دقيقه الصـغر مـن السترينجليت فى (جهاز التصادم النسبوى للأيونات الثقيلة) فى (بروكهـافن) ، (وهذا أمر غير مرجح بأقصى درجة) ، عندها لاغير ربما سـتوجد مشـكلة . يستطيع جسيم السترينجليت الوليد أن يلتهم نوى الذرات ، ليتنامى تناميا لاهوادة فيه ، حتى يلتهم فى النهاية كوكب الأرض كله . على أن كلمة (غيـر مـرجح) مهما كثر ترديدها ، فإنها فحسب غير كافية لتهدئة مخاوفنا مـن هـذه الكارثـة الكلية".

ماهى المخاطر التى يمكن تقبلها ؟

لم تسبب لى تجارب المعجل أى ليلة من الأرق . ولست أعرف أى عـالم فيزياء أبدى أدنى قلق حولها . إلا أن هذه المواقف فيها ما هو أكثر قليلا من أن تكون مجرد تقييمات ذاتية تتأسس على بعض معرفة بالعلوم التى لهـا علاقـة بالموضوع . تعتمد هذه الحجج النظرية على أمور محتملة بدلا مـن أن تكـون يقينية ، الأمر الذى شرحه جلاشو و ويلسون بوضوح . لا توجد أى أدلة على أن الظروف نفسها بالضبط قد سبق قط أن حدثت طبيعيا . لا نسـتطيع أن نكـون واثقين ثقة مطلقة من أن جسيمات الاسترينجليت لايمكن لها أن تؤدى إلى كارثة منفلتة .

طُرح تقرير بروكهافن على أنه تقرير مطمئن (وكذلك أيضا محاولة مماثلة قام بها علماء أكبر معجل أوروبى ، معجل سيرن فى جنيف) . على أنه حتى لو تقبلنا بالكامل ما فيهما من استدلال ، فإن مستوى الثقة الذى يطرحانه لايكاد يبدو كافيا . قُدر فى التقريرين أنه لو ظلت التجربة تُجَرى لعشر سنوات ، فإن احتمال خطر الكارثة لايزيد عن الواحد فى خمسين مليون . قد يبدو أن هذه الاحتمالات تثير الرضا : ففرصة وقوع الكارثة هكذا أقل من فرصة ربح اليانصيب القومى للمملكة المتحدة بتذكرة واحدة ، وهى فرصة تقرب من الواحد فى ١٤ مليـون . على أنه عندما يكون الجانب السئ فى الأمر هو تدمير سكان العـالم ، والفائـدة الوحيدة منه هى علم "خالص" ، فإن هذا أمر ليس جيدا بمـا يكفـى . الطريقـة الطبيعية لقياس مدى خطورة أحد التهديدات هى بحساب حاصل ضـرب رقـم احتماله فى عدد السكان الذين يتعرضون للخطر ، وذلك حتى نحسـب "الـرقم المتوقع " من الوفيات . قد يكون سكان العالم بأكملهم عرضة للخطر ، وهكذا فإن الخبراء يقولون لنا أن الرقم المتوقع للوفيات البشرية (بالمعنى التكنيكـى لكلمـة "المتوقع") يمكن أن يصل إلى ١٢٠ (وهو الرقم الذى نحصل عليه بأن نعتبر أن عدد سكان العالم هو ستة بلايين ونقسم ذلك على خمسين مليون).

من الواضح أنه ما من أحد سيحاج فى صف إجراء تجربة فيزياء يمكن "لتساقط الغبار الذرى" منها أن يقتل ما يصل إلى ١٢٠ فردا . على أنه لا ريب أن هذا ليس ما يقال لنا تماما فى هذه الحالة : فما قيل لنا بدلا من ذلك أنه يمكن أن يكون هناك احتمال من واحد من الخمسين مليون بأن يُقتل ستة بلايين فرد. هل يكون هذا التوقع أكثر قبولا بأى حال ؟ أعتقد أن معظمنا سيبقون قلقين . نحن أكثر تحملا للمخاطر التى نعرّض أنفسنا لها تطوعا ، أو عندما نرى أن هناك بعض ميزة تعويضية. ولايتلاءم أى من هذين الشرطين هنا (إلا بالنسبة لأولئك الفزيائيين الذين يهتمون فى الواقع بما يمكن تعلمه من التجربة) .

يؤكد أدريان منت ، زميلى فى كمبردج ، وجود عامل ثانى : وهو أن الانقراض الذى يستلزمه هذا السيناريو سيكون نهائيا وكاملا . وأنه سيحرمنا من أحد التوقعات - المهمة لمعظمنا - توقع أن بعض تراث بيولوجى أو ثقافى سيبقى موجودا بعد موتنا ؛ فهذا السيناريو يسحق أى أمل لنا بأن حياتنا وأعمالنا قد تكون جزءا من بعض تقدم متواصل . بل وأسوأ من ذلك أنه يمنع وجود عدد إجمالى كبير للناس فى كل الأجيال القادمة (أو ربما حتى ما هو أكبر من ذلك) . عندما يباد كل الناس فى العالم (بل ولا يقتصر الأمر على تدمير البشر وانما يدمَّر أيضا كل المحيط الحيوى) فإن هذا يمكن بالتالى أن يعتبر أمرا أسوأ بستة بلايين مثل من موت فرد واحد . وهكذا فلعله ينبغى علينا عند حظر هذه التجارب أن نقيم مستوى لحد أكثر صرامة بالنسبة لاحتمال الخطر .

ناقش الفلاسفة لزمن طويل طريقة إيجاد توازن بين حقوق ومصالح الأفراد الذين سيكون من "المحتمل وجودهم" مستقبلا ، وبين حقوق ومصالح الأفراد الموجودين بالفعل . بالنسبة لبعض الفلاسفة مثل شوبنهاور(*) فإن زوال العالم دون آلام لا يعد مطلقا عملا من الشر . ولكن معظم الفلاسفة سيبدو رأيهم أكثر

(*) أرثر شوبنهاور (١٧٨٨ - ١٨٦٠) فيلسوف ألمانى له نزعة تشاؤمية ، وأهم أعماله "العالم كإرادة وفكرة". (المترجم)

شبها باستجابة جوناثان شيل : "من الحقيقى أن الانقراض أمر لا يمكن أن يشعر به من يكون قدرهم – ألا يولدوا ، ويظلون غير مولودين – وبالطبع لايمكننا أن نقول الشئ نفسه عن بديل الانقراض ، أى البقاء . لو أغلقنا الباب حتى يبقى من لم يولدوا فى الخارج من الحياة ، فإنهم لن تكون لديهم الفرصة قط لندب قدرهم ، ولكن لو سمحنا لهم بدخول الحياة ستكون لديهم فرصة وافرة لأن يسعدوا لأنهم ولدوا بدلا من أن يحدث قبل الولادة أن يمنعوا من الوجود بواسطتنا نحن . ما يتوجب علينا أن نرغبه أول كل شئ هو أن يولد الأفراد من أجل ذاتهم هم أنفسهم، وليس لأى سبب آخر . وكل ما عدا ذلك – كرغبتنا فى أن نخدم أجيال المستقبل بأن نعد لهم عالما لائقا ليعيشوا فيه ، ورغبتنا فى أن نمارس نحن أنفسنا حياة لائقة فى عالم مشترك يُجعل آمنا بتأمين سلامة أجيال المستقبل – هذا كله انما ينساب من هذا الالتزام . الحياة يأتى موقعها فى المقام الأول ، وكل ما عدا ذلك ثانوى " .

من الذى ينبغى أن يقرر ؟

إذا كانت هناك تجربة فيها ما يمكن تصور أنه "الجانب السئ ليوم الحساب"، فإنه ينبغى ألا يتخذ قرار بالمضى فيها قدما إلا إذا كان الجمهور العام مقتنعا (هو أو مجموعة تمثل افراده) بأن احتمال الخطر أقل مما يعد الأفراد بأجمعهم أنه بمستوى الحد المقبول . ويبدو أن المنظرين بالنسبة لهذا الحدث كانوا يهدفون لطمأنة الجمهور حول وجه من القلق يعتبرونه هم غير معقول بدلا من أن يجروا بشأنه تحليلا موضوعيا. من حق الجمهور أن يحصل على إجراءات الوقاية أكثر من ذلك . لايكفى هنا إجراء تقدير متسرع حتى لما هو أصغر وأهون احتمال بخطر تدمير العالم .

يعد فرنسيسكو كالوجيرو واحدا من القلة التى انكبّت على هذه القضية بتفكير عميق . وهو ليس فحسب عالم فيزياء وانما هو أيضا من الناشطين لزمن

طويل فى قضية التحكم فى الأسلحة ، كما أنه أحد السكرتيرين العامين السابقين لمؤتمرات يوجواش. وهو يعبّر عن هواجس قلقه كالتالى : "يزعجنى بعض الشئ ما أدرك أنه نقص فى الصراحة عند مناقشة هذه الأمور ... يبدو أن الكثيرين ، بل وفى الواقع الاغلبية (ممن كان لى معهم نقاش خاص وتبادلت معهم الرسائل) يهتمون بتأثير ما يقولونه او يكتبونه هم أو غيرهم فى العلاقات العامة أكثر من اهتمامهم بالتأكد من أن الحقائق يتم طرحها بموضوعية علمية كاملة ".

كيف ينبغى أن يتقى المجتمع أن يحدث له عن غير معرفة أن يتعرض لاحتمال خطر ليس تماما بالصفر بأن يقع حدث يكون له جانب سئ لانهائى ؟ يطرح كالوجيرو أن أى تجربة يمكن فيما يُتصور أن تحمل مخاطرا كهذه ينبغى ألا يُوافَق عليها قبل إجراء تدريب مسبق ، لنوع مألوف من تحاليل للمخاطر فى السياقات الأخرى ، يشترك فيه " فريق أحمر" من الخبراء (لايتضمن أى فرد من المجموعة التى طرحت بالفعل هذه التجربة) يقوم بدور أتباع (شيطان العلم) الذين يحاولون التفكير فى أسوأ ما يمكن أن يحدث ، و "فريق أزرق" يحاول أن يفكر فى إجراءات العلاج أو الحجج المضادة .

عندما يكون الهدف هو إجراء سبر للظروف التى تكون الفيزياء فيها "متطرفة" ومفهومة أسوأ الفهم ، يكون من الصعب استبعاد أى شئ استبعادا كاملا. هل يمكن بأى حال أن نكون واثقين الثقة الكافية باستدلالنا ونطرح طمأنينة بمستوى ثقة لحد المليون، أو البليون ، أو حتى الترليون ؟ نادرا ما يمكن للحجج النظرية أن تطرح طمأنينة كافية على هذا المستوى : فهى لا يمكن ابدا أن تكون أكثر متانة من الفروض التى تتبنى عليها ؛ المنظرون الذين يبالغون بتهور فى فرط الثقة بأنفسهم ، هم وحدهم الذين يقبلون الرهان على مصداقية افتراضاتهم باحتمال من بليون إزاء الواحد .

وحتى عندما يمكن تعيين رقم قابل للتصديق عن احتمـال وقـوع نتيجة كارثية، سيظل لدينا سؤال : إلى أى حد ينبغى أن يكون مستوى المخاطرة التى يُحتج بها منخفضا حتى نعطى موافقتنا المتنـورة بالمعلومـات لإجـراء هـذه التجارب؟ لا توجد ميزة معينة فيها ما يعوض سائرنا ، وبالتالى سيكون هـذا المستوى على وجه التأكيد أقل مما قد يكون منفذو التجارب على استعداد لتقبله من جانبهم . (سيكون هذا المستوى أيضا أقل كثيرا من احتمال خطـر الـدمار النووى الذى ربما تقبله المواطنون خلال الحرب الباردة ، على أساس تقييمهم الشخصى لما يراهن عليه) . قد يحاج البعض بأن احتمالا بواحد مـن خمسين مليون يكون منخفضا بالقدر الكافى ، لأن هذا أقل من احتمال أن يحدث خـلال العام القادم أن يصطدم بكوكب الأرض كويكب له حجم كبير بما يكفى لأن يسبب دمارا كوكبيا . (يشبه هذا أن يُحاج بأن التأثير الإضـافى المسـرطن للاشـعاع الاصطناعى تأثير مقبول إذا كان لا يؤدى إلا لمثلى احتمال الخطر من الاشعاع الطبيعى) . على أنه حتى هذا المستوى لايبدو صارما بالحـد الكـافى . ربمـا نروض أنفسنا بالنسبة لاحتمال خطر طبيعى لا نستطيع أن نفعـل الكثيـر إزاءه (مثل الكويكبات أو الملوثات الطبيعية) ، إلا أن هذا لا يعنى أننا ينبغى أن نتقبل احتمال خطر إضافى بالحجم نفسه ولكنه يمكن تجنبه . والواقع أن هناك جهـودا تُبذل لتقليل احتمالات الخطر إلى حد أقل كثيرا من هذا المستوى حيثما اسـتطعنا ذلك . وهذا هو السبب مثلا ، فى أننا نجد أن الأمر يستحق بذل بعـض الجهـد لتخفيف احتمال خطر الاصطدام بكويكب .

التوجيهات الارشادية لحكومة المملكة المتحدة لتوقى مخاطر الإشعاع تعتبر أنه ينبغى ألا يكون مقبولا أن يتعرض حتى ولو العدد المحدود من العاملين فـى محطة طاقة نووية لأكثر من احتمال خطر من الواحد فى المائة ألف فى السـنة للموت بتأثير التعرض للإشعاع . إذا طبق هذا البند المضاد تماما لاحتمال الخطر على تجربة المعجل، مع حساب أن سكان العالم كلهم يتعرضون لاحتمال الخطر

ولكن مع تقبل حد أقصى لعدد الوفيات يساوى هذا البند صرامة ، سيتطلب الأمر عندها تأكيدا بأن احتمال الكارثة هو أقل من الواحد فى مائة تريليــون (10^{-15}). لو وضعنا اهتماما مماثلا بحياة كل الأفراد المحتمل وجودهم الذين قد يعيشوا بأى حال فى المستقبل – وهذا بالطبع موقف فلسفى خلافى – فإنه يمكن عنــدها أن يُحاج حتى بأن احتمال الخطر الذى يمكن تحمله لايزال يصل إلى الأقل بمليــون مثل .

الثمن الخفى لقول لا

يؤدى هذا بنا إلى مأزق . ستكون أقصى سياسة وقائية هى حظر أى تجربة تخلق ظروفا جديدة اصطناعية (إلا إذا كنا نعرف أن هذه الظروف نفســها قــد سبق أن خُلقت طبيعيا فى مكان ما) . ولكن هذا سيؤدى إلى شل العلــم شــللا مطلقا . من الواضح أن انتاج نوع جديد من المادة – كمادة كيميائية جديدة مــثلا – أمر ينبغى ألا يُحظر : نحن واثقون ثقة عارمة من أننا فى حالة كهذه نــتفهم المبادئ الأساسية . ولكننا بمجرد أن نصل إلى عتبة الخطر ، عندما يكــون مــا يتخلق مثلا ، هو نوع جديد من ميكروب مرضى ، فلعل الأمر عندها هو أننــا ينبغى أن نتوقف . والحقيقة ، أن تجارب الفيزياء عند الطاقات الفائقة العلو تحطم النوى الذرية إلى مكونات غير مفهومة فهما جيدا ، وبالتالى فلعل الأمــر أننــا ينبغى أن نتوقف هنا أيضا .

ثمة عدد من الحالات شبه المظلمة ، حيث لو كان علينا أن نرجع عقــارب الساعة وراء ، فإنه ينبغى عندها أن نتبع الحــذر . وكمثــل لــذلك ، نجــد أن الثلاجات فى المعامل العلمية تستخدم روتينيا الهيليوم السائل لتخليــق درجــات حرارة فى نطاق كسر من الدرجة من الصــفر المطلق (-273 درجة مئويــة) . لا يوجد أى مكان فى الطبيعة – لافوق كوكب الأرض ، ولا حتى (فيما نعتقد) فى أى مكان آخر فى هذا الكون – يكون باردا بمثل هذا : كل شئ يكون دافئــا

بما يقرب من ثلاث درجات فوق الصـــفر المطلـــق وذلـــك بفعـــل الموجـــات الميكروويفية الضعيفة الموجودة كأثر باق من بداية الكون الكثيفـــة الســـاخنة ، الشفق الذى يعقب الخلق . بنى دكتور بيتر ميتشلسون ، الذى يعمل فى جامعـــة ستانفورد ، كشافا للموجات الكونية الجذبوية ، تلك التموجات الهينة فـــى بنيـــة الفضاء نفسه والتى يتنبأ علماء الفلك بأنها ينبغى أن تتولد عن التفجرات الكونية . يتألف هذا الجهاز من قضيب معدنى ، يزن ما يزيد عن الطن ، ويُبرَّد إلى مـــا يقرب من الصفر المطلق حتى يخفض من التذبذبات الحرارية . وهو يصف هذا القضيب بأنه أبرد جسم كبير فى الكون ، وليس فقط على كوكب الأرض" . وقد تكون هذه المباهاة مضبوطة (إلا إذا كانت كائنات من خارج الأرض قد أجرت تجارب مماثلة) .

هل كان ينبغى أن نشعر حقا بالقلق عندما تم تشغيل أول ثلاجـــة بـــالهيليوم السائل؟ أعتقد أننا كان ينبغى أن نقلق لذلك . من الحقيقى أنه لم تكن هناك وقتها نظريات تشير إلى أى خطر . ولكن لعل هذا كان مجرد نقص فى الخيال : هناك بعض نظريات حاليا (وان كانت باعتراف الجميع غير مرجحة إلى حد بـــالغ) تتنبأ باحتمال خطر حقيقى ، ولكن الأمر أنه عندما تم التوصل لأول مرة لدرجات الحرارة فائقة الانخفاض ، كانت أوجه عدم اليقين أعظم كثيرا ، ولا ريب فى أن الفيزيائيين ما كان يمكنهم أن يزعموا واثقين أن احتمال وقوع كارثة هو أقل من الواحد فى التريليون. وربما يمكنك أن تطرح رهانات متطرفة من هذا النوع إزاء احتمال ألا تشرق الشمس غدا ، أو أن رمى الزهر بطريقة مشروعة سيعطى رقم ستة مائة مرة متعاقبة . ولكن هذه حالات تعتمد على مبادئ فيزيائية ورياضـــية مفهومة بسهوله "واختبرت ميدانيا" بصرامة .

عندما نصدر قرارا عما إذا كنا سنحظر بعض تلاعـــب جديـــد ببيئتنـــا ، سنكون بحاجة إلى أن نسأل ، هل هناك حقا ما يكفى من فهم عميق حازم بحيث نستطيع أن نستبعد وقوع كارثة بمستوى ثقة يكون مطمئنا لنا ؟ لا يملك المـــرء

أن يختلف مع تعليق لادريان يقول فيه ، " من الواضح أنه من غير المقنع أن التساؤل عما يشكل الاحتمال المقبول للخطر الكارثي هو أمر ينبغي أن يتقرر بطريقة تُرتجل خصيصا ، بناء على معايير شخصية للمخاطر عند من تصدف استشارتهم – فمعايير كهذه مهما كان الاخلاص فى الإيمان بها وعمق التفكير فى بنائها ، ربما تكون غير ممثلة للرأى العام".

عندما تكون هناك عمليات ليس لها من هدف خاص يتجاوز أن نفهم الطبيعة فهما أفضل وأن نشبع فضولنا ، فإن هذه العمليات ينبغى أن يكون فيها ما يفى بشروط أمان صارمة جدا . ولكننا ربما نتقبل قرارات فيها مخاطر أكبر نتخذها من جانبنا لو كان هناك فى هذه العمليات بعض ميزة تعوضنا ، خاصة إن كانت كبيرة وملحة . وكمثل ، فإن تقصير أمد الحرب العالمية الثانية كان من شبه المؤكد أمرا فى ذهن هانز بيث وإدوارد تيلر عندما أجريا حساباتهما عما إذا كان اختبار أول قنبلة ذرية قد يؤدى إلى حرق الجو بأسره . ومع وجود كثرة بالغة من الأمور موضع الرهان ، فربما يكون ما أقدما عليه قدما هو الأمر المناسب حتى دون وجود للمستوى فائق العلو من الطمأنينة الذى كنا سنتوقعه قبل حظر تجربة أكاديمية زمن السلم .

تلقى تجارب المعجل ضوءا كاشفا على المأزق الذى سيواجهنا أكثر وأكثر فى العلوم الأخرى : من الذى ينبغى أن يقرر (أوكيف ينبغى أن نقرر) ما إذا كانت تجربة جديدة ينبغى أن تمضى قدما إذا كانت هناك نتيجة كارثية يمكن تصورها حتى وإن كان من المعتقد أنها من غير المرجح جدا جدا ؟ توفر لنا تجارب المعجل "اختباراً للحالة" له أهميته يجبرنا على أن نركز – فى سياق أكثر تطرفا بكثير عن أى تجربة بيولوجية – على الطريقة التى نقيم بها مواقف لا سمترية حيث يكون من المحتمل جدا أن تكون النتيجة مفيدة وإيجابية ، ولكنها فيما يمكن تصوره (وإن كان هذا من غير المحتمل جدا) قد تكون كارثية على نحو مطلق . سنجد أن حادثة جدرى الفئران الاسترالى التى ناقشناها فيما سبق

تبين لنا بصورة مصغرة ما يمكن أن يحدث ، حتى ولو عن غير عمد بـالمرة ، عندما يتم تخليق وإطلاق جرثومة مرضية خطرة. ربما سيحدث لاحقا فى هـذا القرن أن الماكينات المصغرة غير البيولوجية قد يكون فيها احتمالات لمخـاطر تماثل الفيروسات المارقة ، وعندها فإن السيناريو المتطرف بأسلوب دريكسـلر من نوع "سيناريو اللزجات الرمادية" ، لن يبدو لنا بعد وكأنه رواية خيال علمى .

سنجد أن الجانب السئ للتجربة البيولوجية ، حتى لو كانت من أسوأ نـوع يمكن تصوره ، لن يكون أبدا بمثل سوء تجربة المعجل ، حيث انه لن يحدث أن يتعرض العـالم كلـه للخطـر . إلا أن التجـارب فـى مجـالات البيولوجيـا والنانوتكنولوجيا – فى تباين مع التجارب التى تسـتخدم المعجـلات الضـخمة للجسيمات – تكون تجارب بمقياس أصغر وبالتالى يرجح أن يجـرى تنفيـذها بأعداد أكبر كثيرا وبتنوع أعظم كثيرا . سنحتاج عندها لما يضمن لنا الطمأنينـة إزاء التجارب التى قد تنتهى إلى خطأ كارثى حتى ولو كانت تجربة واحدة . إذا كان سيجرى تنفيذ مليون تجربة منفصلة – مع مليون احتمال بكارثة – سـتكون إحتمالات الخطر الذى يمكن أن نتحملها بالنسبة لكل تجربة أقل كثيرا ممـا مـع تجربة تتم "بضربة كبيرة واحدة " . حتى نقدر كمّيا هذه الاعتبارات فى رقم فعلى سيتطلب الأمر أن نقدر ما يرجح من فائدة . احتمالات المخاطر الأكبر يمكن أن تكون متقبلة تقبلا واضحا فى التجارب التى تكون متكاملة مع برنامج يمكن على نحو جلى أن ينقذ ملايين الحيوات . أحيانا تكـون احتمـالات المخـاطر التـى يفرضها العلم مما يتلازم تلازما ضروريا مع التقدم : فـإذا لـم نتقبـل بعـض المخاطرة ، فربما تضيع منا فوائد عظيمة .

يوجد نوع خاص من المحاجة يُستخدم فى تقييم احتمال الخطر ، وله نتائج كثيرا ما تكون متفائلة تفاؤلا غير مناسب . من الممكن بالنسبة لحادثة كبيـرة ، مثل تدمير طائرة ركاب أو سفينة فضاء ، أن تحدث بطرائق منوعة مختلفـة ، يتطلب كل منها سلسلة بأكملها من الحظ العاثر (كأن يحدث مثلا أحـداث خلـل

متواكبة أو متعاقبة فى عناصر عديدة) . نستطيع أن نعبّر عن نمط الخطر المحتمل فى شكل "شجرة خلل" ؛ ستكون عندها الاحتمالات إزاء كل عامل مولّفة معا ، بما يشبه أن يحسب حاصل ضرب الاحتمالات عند المراهنة على مجموعة من الفائزين فى سباق الخيل (وإن كان الحساب هنا سيكون معقدا بدرجة أكبر هونا لأنه قد يكون هناك أساليب عديدة مختلفة للخلل ، ولأن أحداث الحظ العاثر قد تترابط معا بطريقة لايحدث بها ذلك فى نتائج سباقات الخيل المنفصلة) . قد يحدث فى الحسابات من هذا النوع إغفال بعض أساليب الخلل الخطيرة ، وبالتالى يؤدى ذلك إلى طرح إحساس زائف بالطمأنينة . كان من المعتقد أن مكوك الفضاء آمن أمنا كافيا بحيث أن احتمال وجود خطر على طاقمه هو أقل من الواحد فى الألف . ومع ذلك حدث انفجار ١٩٨٧ عند مهمة الطيران الخامسة والعشرين للمكوك (ومهمة الطيران العاشرة لمركبة الاطلاق "تشالنجر") . وبالتبصر وراء سنجد أن احتمالا من الواحد فى الخمسة والعشرين سيكون هو التخمين الأفضل . ينبغى بالمثل أن يكون المرء حذرا بشأن ما يُعطَى من تقديرات للأنواع المختلفة من الحظ العاثر بالنسبة لمحطات القوى النووية ، التى تُحسب بطريقة مماثلة .

عند قياس احتمال خطر ضئيل بالنسبة لكوكب الأرض كله ، نحسب حاصل ضرب احتمال صغير جدا مضروبا فى رقم هائل ، مماثل لأقصى أحداث متطرفة من الاصطدام بالكويكبات على مقياس "تورينو" . لن يكون الاحتمال قط هو تماما بالصفر لأن معرفتنا الجوهرية بالفيزياء الأساسية معرفة غير مكتملة ؛ على أنه مهما كان الاحتمال صغيرا جدا فى الواقع ، فإنه عندما يضرب فى رقم هائل سنجد أن الرقم الناتج لايزال كبيرا بما يكفى لإثارة القلق .

إذا كان من الممكن تصور أنه يوجد بالإمكان جانب سئ فى الأمر – ليس فحسب فى تجارب المفاعلات ، وإنما أيضا فى الوراثيات ، والروبوتيات، والنانوتكنولوجيا – هل يستطيع العلماء عندها أن يوفروا طمأنينة بالقدر الفائق

من الثقة الذى قد يطالب به الجمهور ؟ ماهى التوجيهات الإرشادية التى ينبغى اتباعها فى تجارب كهذه ، ومن الذى ينبغى أن يصيغها ؟ وحتى لو تم الاتفاق على هذه الإرشادات ، كيف يمكن فوق كل شئ أن يُفرض تنفيذها ؟ مع تنامى قوة العلم ، سيحدث فيما أعتقد أن تصبح هذه المخاطر أكثر تنوعا وأوسع انتشارا. وحتى لو كان احتمال كل خطر واحد صغيرا ، فإنها يمكن أن تتراكب معا فى خطر تراكمى له قدره .

- ١٠ -

فلاسفة يوم الحساب

هل يمكن للتفكير الخالص أن يخبرنا بما إذا كانت سنوات البشرية معدودة ؟

يطرح الفلاسفة أحيانا حججا بارعة قد تبدو مفحمة للبعض ، ولكنها تبدو للآخرين كمجرد تلاعب بالكلمات ، أو كحيل فكرية تشبه خفة اليد ، وإن لم يكن من السهل أن تُحدَّد الخدعة بالضبط . هناك محاجة فلسفية حديثة عن أن مستقبل البشرية هو مستقبل كئيب وهى محاجة ربما يبدو أنها تنتمى لهذا الفئة الملتبسة ، ولكنها (بشروط) قد اجتازت بنجاح قدرا كبيرا من التفحص الدقيق . ابتكر هذه المحاجة صديقى وزميلى براندون كارتر ، وهو رائد فى استخدام ما يسمى المبدأ الانسانى فى العلم ، وهو الفكرة بأن القوانين التى تحكم الكون لابد وأن تكون خاصة على نحو ما من أجل أن يحدث أن تنبثق الحياة والتركّب . وهو قد طرح هذه المحاجة لأول مرة فى مؤتمر استضافته الجمعية الملكية فى لندن فى ١٩٨٣، فأذهل طرحها الأكاديميين المستمعين إليه . كانت الفكرة فى الواقع مجرد خاطر من رد فعل لمحاضرة تناقش احتمال أن تتطور حياة على كواكب تدور فى فلك نجوم أخرى . وأدت المحاضرة بكارتر إلى أن يستنتج أن الحياة الذكية ستكون أمرا نادرا فى أى مكان آخر من الكون، وأنه حتى مع أن الشمس ستظل تسطع لبلايين السنين ، إلا أن مستقبل الحياة على المدى الطويل مستقبل كئيب .

تعتمد "محاجة يوم الحساب" هذه على نوع من " مبدأ كوبرينكى"(*) أو مبدأ من "التوسطية" يطبق على وضعنا فى الزمان . منذ زمن كوبرنيكوس ظللنا ننكر

(*) نسبة لعالم الفلك البولندى كوبرنيكوس (١٤٧٣ - ١٥٤٣) الذى نادى بأن الأرض تدور حول الشمس وليست هى مركز الكون . (المترجم) .

على أنفسنا أن يكون لنا وضع مركزى فى الكون . وحسب كارتر فاننا بمثل ذلك ينبغى ألا نفترض أننا نعيش فى زمن خاص من التاريخ البشرى ، فنحن لسنا من زمن البدايات المبكرة الأولى لنوعنا ولا من نهاياته المتأخرة الأخيـرة . دعنـا ننظر أمر وضعنا فى "قائمة حضور" "الهوموسابينز" (الانسـان العاقل) . نحن لا نعرف وضعنا فيها إلا على نحو تقريبى جدا: تطرح معظم التقديرات أن عدد أفراد البشر الذين سبقونا يقرب من ستين بليونا ، وبالتالى فإن رقمنا فى قائمـة الحضور يكون داخل هذا النطاق. إحدى النتائج المترتبة على هذا الرقم هـو أن من يعيشون حاليا عددهم عشرة فى المائة من كل من عاشوا مطلقا . سيبدو لأول وهلة أن هذه نسبة عالية بدرجة ملحوظة ، باعتبار أن الانسان يمكـن متابعتـه وراء خلال آلاف من الأجيال . إلا أننا نجد فى معظم التاريخ البشرى – فى كل عصر ما قبل الزراعة (ربما) قبل ٨٠٠٠ سنة قبل الميلاد – أن عدد سكان العالم كان فيما يحتمل أقل من عشرة ملايين فرد . بحلول عصر الرومان ، كان عدد السكان حوالى ٣٠٠ مليون ، ولم يرتفع عددهم فوق البليون إلا فى القرن التاسع عشر . عدد الموتى يفوق هكذا عدد الأحياء ، ولكن ذلك بعامل من عشرة فقط .

دعنا الآن ننظر أمر سيناريوهين مختلفين لمسـتقبل البشـرية : أحـدهما سيناريو "متشائم" ، حيث يهلَك نوعنا خلال قرن أو اثنين (أو أنه إذا بقى لأطول من ذلك سيكون عدد السكان أقل كثيرا) ، بحيث أن اجمالى عدد البشـر الـذين يعيشون بأى حال سيكون مائة بليون ، وسيناريو "متفائل" ، حيث يظـل البشـر باقين لآلاف كثيرة من السنين بعدد يكون على الأقل مثل عدد السكان حاليـا (أو أن البشر سوف ينتشرون إلى ما بعد الأرض بكثير بعدد سكان يتزايد أبـدا) ، بحيث أن تريليونات من الأفراد يكتب لهم أن يولـدوا فـى المسـتقبل . يحـاج براندون كارتر بأن "مبدأ التوسطية" ينبغى أن يجعلنا نراهن فى صف السيناريو "المتشائم" . وعندها سيكون وضعنا فى قائمة الحضور (فى حـوالى منتصـفها كلها) وضعا نمطيا ليس فيه ما يدهش ، أما فى السيناريو "المتفائل" ، حيث يظل

عدد مرتفع من السكان باقيا باستمرار فى المستقبل البعيد ، فإن من يعيشون فى القرن الحادى والعشرين سيكونون فى موضع مبكر من قائمة حضور البشرية .

ثمة قياس بسيط بالتماثل يستخرج لنا جوهر المحاجة . لنفترض أنك يُعرض عليك وعاءان متماثلان : ويقال لك أن إحدهما يحوى فقط عشر بطاقات مرقمة من الواحد إلى العشرة ، والآخر يحوى ألف بطاقة مرقمة من الواحد إلى الألف . لنفرض أنك اخترت أحد الوعائين ، وسحبت بطاقة منه ، ووجدت انك قد سحبت رقم ٦ . لاريب أنك ستخمن عندها أنك فيما هو محتمل جدا قد التقطت البطاقة من الوعاء إلى يحوى فقط عشر بطاقات : سيكون مما يثير الدهشة جدا أن تسحب بطاقة برقم صغير مثل رقم ٦ من الوعاء الذى يحوى ألف بطاقة . والواقع أنه إذا كان من البديهى أن نسبة ترجيح اختيارك لأحد الاثنائين نسبة متساوية سيتضح من محاجة بسيطة للاحتمالات أنك عندما حصلت على رقم ٦ تكون نسبة الرهان هى مائة إلى الواحد بأنك قد اخترت فى الواقع بطاقة من الوعاء الذى يحوى فقط عشر بطاقات .

يحاج كارتر ، بناء على نفس خط التفكير كما فى حالة الوعائين ، بأن وضعنا المعروف فى قائمة حضور البشر (وقد سبقنا ما يقرب من ستين بليون فرد) يميل بالمحاجة لتكون فى صف الفرض بأنه سوف يوجد فقط مائة بليون فرد ، ولتكون ضد الفرض البديل بأنه سوف يوجد عدد أفرا أكثر من مائة تريليون . و بالتالى فإن المحاجة تطرح أن عدد سكان العالم لايمكن أن يستمر لأجيال كثيرة على مستواه الحالى ؛ فإما أنه ولابد سينخفض تدريجيا ، ليتواصل على مستوى أقل كثيرا من المستوى الحالى ، أو أن كارثة ستتغلب على نوعنا خلال أجيال معدودة .

بل إن رتشارد جوت يستخدم حتى محاجة أبسط ، وجوت أستاذ فى جامعة برنستون وله سجل من ثلاثين سنة من تبصرات هزلية وان كانت أصيلة تدور

بشأن السفر بسرعة أكبر من سرعة الضوء ، وماكينات الزمان، وما إلى ذلك . وتقول هذه المحاجة أننا عندما نقع على بعض شئ أو ظاهرة، فمن غير المرجح أننا نفعل ذلك فى وقت قريب جدا من بدء حياته ، ولا فى وقت قريب جدا من نهايته . وبالتالى فإن من الإنصاف أن نفترض أن الشئ الذى يكون بالفعل قديما سيظل باقيا لزمن طويل فى المستقبل ، أما الشئ الذى يكون قد بدأ حديثا فينبغى ألا نتوقع له أن يظل باقيا لزمن. ويتذكر جوت كمثل ، أنه فى ١٩٧٠ زار حائط برلين (كان عمر الحائط وقتها اثنى عشر عاما) وزار الأهرام (وعمرها يزيد على أربعة آلاف عام) ؛ ستؤدى محاجته إلى التنبؤ (على وجه صحيح) بأن من المحتمل جدا أن الأهرام ستظل باقية فى القرن الحادى والعشرين ؛ أما حائط برلين فلن يكون مما يثير الدهشة أنه لن يظل باقيا هكذا (ولاريب فى أنه قد زال).

بل إن جوت يوضح كيف تنطبق محاجته حتى على عروض برودواى(*). فصنع قائمة لكل المسرحيات والعروض الموسيقية التى كانت تعرض فى برودواى فى يوم بعينه (٢٧ مايو ١٩٩٣) وعرف طول المدة السابقة التى استمر فيها عرض كل منها. وتنبأ على هذا الأساس بأن تلك التى استمر عرضها لمدة أطول ستظل باقية لمدة أطول فى المستقبل . كان عرض "القطط" قد ظل قبلها مستمرا لمدة ١٠,٦ من السنين، وقد استمر عرضها لأكثر من سبع سنين بعدها . أما معظم العروض الأخرى التى كان عرضها قد أستمر لأقل من شهر ، فإنها أغلقت أبوابها خلال أسابيع معدودة بعدها .

لاريب فى أن معظمنا يستطيع أن يتنبأ بمعظم ما تنبأ به جوت دون أن نستخدم خط محاجته على الإطلاق ، وذلك عن طريق معرفتنا بالتاريخ الأساسى، وما تتصف به عموما المصنوعات المختلفة الأنواع من متانة واستمرارية ، وما

(*) برودواى شارع المسارح وعروضها فى نيويورك . (المترجم)

إلى ذلك . ونحن أيضا لنا معرفة بالأذواق الأمريكية ، واقتصاديات المسـرح . وكلما زادت خلفية المعلومات لدينا ، زاد إمكان الوثوق فى تنبؤاتنا . بل إنه حتى لو هبط حديثا على الأرض كائن من الغرباء عنهـا محـروم مـن أى خلفيـة للمعلومات من هذا النوع ، ولا يعرف شيئا سوى طول مدة بقاء هذه الظـواهر المختلفة ، فإنه سيستطيع أن يستخدم محاجة جوت ليصنع بعض تنبؤات فجة وإن كانت صحيحة . ولا ريب أننا نجهل أمر مستقبل بقاء الانسانية بمثل ما يجهـل سكان المريخ شأن علم الاجتماع فى عروض برودواى . ويحاج جوت بالتـالى بأنه حسب كارتر ، فإن هذا الخط من الاستدلال يمكن أن يخبرنا بشئ – هو فى الواقع أبعد من أن يكون مبهجا – حول ما يرجح عن طول عمر نوعنا .

من الواضح أن مستقبل النوع البشرى لايمكن أن يُجرَّد نزولا إلى نمـوذج رياضى بسيط . يعتمد مصيرنا على حشد من العوامل ، منها فوق كل شـئ – موضوع رئيسى فى هذا الكتاب – وهو الخيارات التى سنختارها نحـن أنفسـنا خلال القرن الحالى . يتخذ الفيلسوف الكندى جون ليزلى خطّا من التفكير بـأن محاجة يوم الحساب تؤدى مع ذلك الى أن يميل ميزان الرهان إلى جانب : فهى فيما ينبغى تجعلك أقل تفاؤلا حول مستقبل البشرية على المدى الطويل بدلا ممـا ستكونه بغير ذلك . لو أنك كنت تعتقد أن من البديهى أن يكون الاحتمال الغالب هو أن تستمر الانسانية بعدد كبير من السكان لآلاف من السنين ، فإن محاجة يوم الحساب ستخفض من درجة ثقتك بذلك ، وان كنت ربما ستظل فى النهاية باقيـا على تحبيذ ذلك السيناريو . يمكننا أن نفهم ذلك بتعميم مثال الوعاء . لنفترض أنه بدلا من وعائين لاغير ، هناك ملايين من الأوعية يحوى كل منها ألف بطاقة ، وهناك وعاء واحد فقط يحوى عشر بطاقات لاغير . لو أنك عندها اخترت وعاء عشوائيا ، ستصاب بالدهشة لو أنك سحبت رقم ٦ . ولكن لو كان هناك ملايـين من أوعية " لألف بطاقة " ستكون دهشتك عندما تسحب رقما صغيرا صغرا غير معتاد من أحد الأوعية أقل من دهشتك عندما تختار الوعاء الوحيد الذى يحـوى

فقط عشر بطاقات داخله . وبمثل ذلك ، إذا كان هناك احتمال بديهى يحبذ بقوة مستقبلا طويل الأمد للبشرية ، فإن "يوم حساب سريع" قد يكون هو الأقل ترجيحا من أن نجد أنفسنا ونحن نأتى فى وقت مبكر جدا فى قائمة حضور البشرية .

يستطيع ليزلى بالتالى أن يحل لغزا آخر يبدو للوهلة الأولى أنه يفند كل خط هذه المحاجة . لنفترض أن لدينا قرارا مصيريا سيحدد ما إذا كان نوعنا ربما سينقرض سريعا ، أو أنه بغير ذلك سوف يبقى موجودا إلى مالا نهاية . وكمثل فإن هذا القرار ربما يكون عما إذا كنا سنختار أن ننشئ أول مجتمع يكون بعيدا عن كوكب الأرض ، مجتمع بمجرد أن يرسخ سوف تتفرع منه مجتمعات كثيرة أخرى بحيث يكون من المضمون أن يظل واحد منها باقيا . لو أن مجتمعنا كهذا رسخ حقا وازدهر ، سنجد أنفسنا حاليا ونحن مبكرين تبكيرا بالغا فى قائمة الحضور . هل ينتج عن محاجة يوم الحساب أن تقيدنا بطريقة ما تجاه الأختيار الذى يقودنا إلى مستقبل بشرى مبتور؟ يحاج ليزلى بأن لنا حرية الأختيار ، ولكن الاختيار الذى نقرره سيؤثر فى احتمال أولوية أى من السيناريوهين .

ثمة لبس آخر فيما يختص بمن ينبغى أو ما ينبغى أن نحسب حسابه : كيف نعرّف الانسانية ؟ لو كان سيحدث إفناء لكل المحيط الحيوى فى بعض كارثة كوكبية ، لن يكون ثمة شك حول زمن انتهاء قائمة الحضور . ولكن لو أن نوعنا سيحدث له أن يتحول شكله لبعض شئ آخر ، هل سيصل بنا ذلك إلى نهاية البشرية ؟ إذا كان الأمر هكذا ، فإن محاجة كارتر – جوت ربما يكون ما تخبرنا به هو بعض شئ مختلف: فمن الممكن أنها تطرح دعما لأفراد مثل كيرزويل ومورافيك والآخرين ممن يتنبأون بأن الماكينات "ستتولى السلطة " خلال هذا القرن الحاسم .

أو دعنا نفترض أن هناك كائنات أخرى موجوده علـــى عــوالم أخــرى . وعندها لعله ينبغى أن يكون كل أفراد الكائنات الذكية ، وليس البشــر وحــدهم، موجودين فى "الطائفة المرجعية" . لن يكون هناك وقتها طريقة واضحة لترتيب قائمة الحضور ، فتنهار بذلك المحاجة . (استخدم جوث وليزلى استدلالا ممــاثلا ليحاجوا ضد وجود عوالم أخرى بها عدد سكان أكثر كثيرا من عــدد الســكان عندنا. وهما يزعمان أنه لو وُجدت عوالم كهذه ، ينبغى أن نصاب بالدهشة لــو أننا لم نكن نحن فى عالم منها) . عندما سمعت لأول مرة "محاجة يوم الحساب" لكارتر، ذكرتنى بتعليق جورج أورويل العنيف فى سياق آخر: " لابــد مــن أن تكون مثقفا حقيقيا حتى تعتقد - انه ما من شخص عادى يمكن أن يكــون بهــذا الغباء " . على أنه ليس من الممارسات الهينة أن نعين بدقة خطأ محددا . الا أن هذا أمر يستحق أن يؤدَّى ، لأن احدا منا لن يرحب بمحاجة جديدة تدل علــى أن أيام البشرية قد تكون معدودة .

- ١١ -

أهى نهـاية العـلم ؟

ربما سيحدث فى المسـتقبل أن عبـاقرة علـى غـرار أينشتين سوف يتسامون بالنظريات الحالية عن الفضاء والزمان وعالم الميكرو.

على أن العلوم الكلية للحياة والتركّب تفرض ألغازا ربما لن تستطيع العقول البشرية أبدا أن تستوعب فهمها .

هل سيستمر العالم فى جيشانه قدما جالبا تبصرات جديـدة وربمـا كـذلك تهديدات أكثر ؟ أو أن علم القرن الآتى سيعانى انحطاطا مفاجئا بعد الانتصارات التى أنجزت بالفعل ؟

ينادى الصحفى جون هورجان بأننا سنكون فى الوضع الأخير : وهو يحاج بأننا قد أزحنا الغطاء بالفعل عن كل الأفكار الكبيرة حقا . وحسب هورجان لـم يعد متبقيا لنا إلا أن نملأ التفاصيل ، أو أن ننغمس بدلا من ذلك فيمـا يسـميه " العلم الهزأة " – تخمينات هشة غير متسقة حول موضوعات لن يحدث قـط أن تدخل فى نطاق البحث الجدى الامبريقى . أعتقد أن هذا الطرح فيه خطأ أساسى، وأنه مازال باقيا أفكار تساوى فى ثوريتها أيا من الأفكار التى اكتشفت فى القرن العشرين وهى تنتظر ان يُكشف عنها . وأنا أفضل هنـا وجهـة نظـر إيـزاك أسيموف . وهو يشبّه جبهة العلم الأمامية بالمتشكلات – الهندسـية (Fractals)(*) فى نمط هندسى أساسى فى تشكلات الكمبيوتر Fractal – نمط من طبقـة فـوق

(*) متشكلات الكمبيوتر كيانات هندسية تتولد بالتكرار حسب معادلة رياضية وتؤدى دائما إلى تفرعات متناقصة للشكل الهندسى الأساسى . وتستخدم كثيـرا فـى رسـوم الكمبيـوتر . (المترجم) .

طبقة فى البنية ، بحيث نجد عند تكبير شدفة ضئيلة الحجم ، أنها صورة مقلـدة للكل : "مهما كانت كثرة ما نتعلمه ، فإن أيا مما يبقى متخلفا ، مهما بدا صغيرا ، إلا أنه يكون بالضبط متركبا إلى مالا نهاية مثلما كان عليه الكل عند البداية " .

حدثت أوجه تقدم فى القرن العشرين فى فهم الذرات ، والحياة ، والكـون ، وهى أوجه تقدم ترقى إلى مرتبة أعظم الانجازات الجماعيـة الفكريـة للنـوع البشرى. (وشرط "الجماعية" شرط حاسم . العلـم الحـديث مشـروع اسـتثمار تراكمى؛ تُصنع الاكتشافات عندما ينضج بها الوقت ، أو عندما يحدث للأفكـار المفتاح ان "تنتشر محومة" ، أو عند استغلال بعض تكنيك جديد . ليس العلمـاء مما يمكن استبداله وكأنهم تماما كاللمبات الكهربائية ، إلا أنه يوجـد مـع ذلـك حالات معدودة ، حيث نجد أن فردا واحدا كان فيه الفارق الكبير بالنسبة لتطور أحد المواضيع على المدى الطويل : لو أن (أ) لم يكن قد أنجز البحث أو صـنع الاكتشاف ، فإنه لن يمر زمن طويل الا ويكون (ب) قد أدّى شيئا مماثلا . وهذه هى الطريقة التى يتطور بها العلم طبيعيا . يفقد بحث أحد العلماء فرديته ، ولكنه يدوم مستمرا . يحتل أينشتين مكانا خاصا مشرفا فى البانثيون العلمى لأنه واحد من الاستثناءات المعدودة : ولو لم يكن لأينشتين وجود ، لانبثقت أعمق تبصراته فى زمن أكثر تأخرا بكثير ، وربما بطريق مختلف ومن خلال مجهودات أفـراد عديدين ، لا من فرد واحد . إلا أن هذه التبصرات سوف تُنجَز فى النهاية : بـل سنجد أنه حتى أينشتين لم يترك وراءه طابعاً شخصيا مميزا فيه مـا يضـاهى طابع أعظم الكتاب أو مؤلفى الموسيقى) .

كان يُعتقد فى العصر الاغريقى الكلاسيكى أن التراب والهواء والنار والماء هى المواد التى تكوّن العالم ، وظل العلماء من وقتها وهم يسعون إلى صـورة "موحدة" لكل القوى الأساسية فى الطبيعة ، والى فهم لغز الفضاء نفسه. أحيانـا يُعنَّف علماء الكونيات لأنهم "كثيرا ما يكونون على خطأ ولكنهم لايحسون أبـدا بأى شك" . وقد حدث فى الواقع انهم كثيرا ما تمسكوا بتخمينـات تعوزهـا أى

أسس ويكون ذلك بحماس غير عقلانى ، ويقودهم تفكيرهم بالتمنى إلى اســتنتاج أمور أكثر مما ينبغى ، من أدلة مبهمة وغير راسخة . على أنه حتــى أكثرنــا حذرا سيكونون على ثقة من أننا الآن قد استوعبنا على الأقل الخطوط الخارجية لكوننا بأكمله وعلمنا ما يصنع منه هذا الكون. ونحن نستطيع أن نتتبــع قصــة التطور وراء لما قبل تشكيل منظومتنا الشمسية ، بل ووراء إلى حقبــة تســبق طويلا زمن وجود أى نجوم ، عندما انبثق كل شئ من "حــدث تكــوين" عــارم السخونة ، ما يسمى بالانفجار الكبير ، منذ ما يقرب من اربعة عشر بليون عام . وأول جزء ضئيل من الثانية يلفه الغموض ، إلا أن كل ما حدث بعدها – انبثاق كوننا المعقد من بدايات بسيطة – هو نتيجة قوانين يمكننا فهمها ، حتى وإن كانت التفاصيل مازالت تروا غنا . وكما أن علماء الفيزياء الجغرافية قد توصلوا لفهــم العمليات التى صنعت المحيطات ونحتت القارات ، فبمثل ذلك تمامــا يســتطيع علماء الفيزياء الفلكية فهم شمسنا وكواكبها ، بل وأيضا الكواكب الأخرى التى قد تدور حول نجوم بعيدة .

رسم الملاحون فى القرون القديمة خرائط تحدد الخطوط الخارجية للقارات وأخذوا مقياس كوكب الأرض . وحدث خلال السنوات المعدودة الأخيرة لاغيــر أن تم بمثل ذلك تحديد راسخ لخريطتنا الكونية فى الزمان والمكان . ثمة تحــدى يواجه القرن الحادى والعشرين وهو أن ننقح الصورة التى لدينا حاليــا ، لــنملأ التفاصيل التى تتزايد أبدا ، بما يماثل تماما ما فعلته أجيال من ماســحى كوكــب الأرض ، وان نسبر بوجه خاص المناطق الغامضة حيث كتب عليهــا راســمو الخرائط الأقدمين "هنا توجد وحوش التنين" .

تغيير النموذج الأساسى (البارادايم)

أشاع توماس كون جماهيريا مصطلح "النمــوذج الأساســى" فــى كتابــه الكلاسيكى "بنية الثورات العلمية". النموذج الأساسى ليس مجرد فكــرة جديــدة

(لوكان كذلك ، لاستطاع معظم العلماء الزعم بأنهم قد غيروا القليل من هذه النماذج) : تغيير النموذج الأساسى يدل على جيشان فكرى يكشف عن تبصرات جديدة ويؤدى إلى تحويل فى منظورنا العلمى . وأكبر تغير للنموذج الاساسى فى القرن العشرين هو ظهور نظرية الكم . تخبرنا هذه النظرية ، بما يختلف تماما مع كل حدس ، أن الطبيعة بالمقياس الذرى تتسم "بضبابية" متأصلة فى بنيتها . ومع ذلك فإن الذرات تسلك بطرائق رياضية مضبوطة بدقة عندما تبث وتمتص الضوء ، أو عندما تترابط معا لتصنع جزيئات . سنجد أنه منذ مائة عام ، كان وجود الذرات نفسه أمرا خلافيا ؛ أما الآن فإن نظرية الكم تفسر تقريبا كل تفصيل عن طريقة سلوك الذرات . وكما يوضح ستيفن هوكنج(*) الأمر ، "فإنه لمن الجدير بالتقدير بعد المدى الذى وصلنا إليه فى الفيزياء النظرية بحيث اصبح الأمر الآن يتطلب ماكينات هائلة وقدرا عظيما من المال من أجل إجراء تجربة (على الجسيمات تحت الذرية) لانستطيع أن نتنبأ بنتيجتها".تَثْبُت قيمة نظرية الكم فى كل مرة نلتقط فيها صورة رقمية ، أو نركب أمواج الانترنت ، أو نستخدم أيا من الأجهزة التى تتضمن إستعمال الليزر – مثل جهاز الأقراص المضغوطة (CD) أو بطاقات شفرة الخطوط العمودية لسلع السوبرماركت . بل وسنجد أنه حتى حاليا لا تزال بعض الدلالات المذهلة لهذه النظرية تبزغ طالعة علينا . وربما ستتيح النظرية للكمبيوترات أن يتم تصميمها حسب مبادئ جديدة بالكامل ، يمكن أن تجعل أداء هذه الكمبيوترات يفوق آداء أى كمبيوتر "كلاسيكى" ، مهما طال الزمن بتواصل قانون "مور" .

أحد النماذج الأساسية الأخرى الجديدة فى القرن العشرين – وهو نموذج آخر فيه قفزة ثقافية مذهلة – نموذج يرجع تشكيله لحد كبير إلى رجل واحد ، هو

(*) ستيفن هوكنج عالم فيزياء نظرية معاصر فى كمبردج ، يعد فى مرتبة أينشتين ، وإن كان منذ شبابه مشلولا بالكامل ويستخدم كرسيا متحركا مجهزا بكمبيوتر لتحريك الكرسى وللكلام والكتابة.(المترجم)

ألبرت أينشتين : عمّق أينشتين من فهمنا للمكان والزمان والجاذبيـة، وأعطانـا نظرية ، هى النسبية العامة ، تحكم حركات الكواكب ، والنجوم ، والكون المتمدد نفسه . تأكدت هذه النظرية الآن بواسطة استخدام الرادار ليتتبع بدرجة دقيقة جدا مسار الكواكب وسفن الفضاء ، كما تأكدت بالدراسات الفلكية للنجوم النيوترونية والثقوب السوداء(*) – وهى أجرام تكون الجاذبية فيها بالغة الشدة بحيث يحـدث تشوّه كبير فى المكان والزمان . ربما بدت نظرية أينشتين وكأنها ملغزة ، ولكن قيمتها تثبت فى كل وقت تحدد فيه إحدى سيارات الشحن أو الطائرات موضعها عن طريق القمر الصناعى لتحديد الموقع كوكبيا .

الربط بين ما هو كبير جدا وماهو صغير جدا

ولكن نظرية أينشتين فيها نقص متأصل : فهى تعامل المكان (الفضـاء)(**) والزمان كمتصل سلس. عندما نجزّئ قطعة من المعدن (بل ومن أى مادة تكون) إلى قطع أصغر وأصغر ، سيكون هناك حد نهائى عندما نصل إلـى المسـتوى الكمومى للذرات المفردة . ونحن نتوقع بالمثل أنه بأدق المقاييس الضئيلة جـدا سنجد حتى أن المكان نفسه يكون محببا . ولعل الأمر لايقتصر على المكـان ، وإنما سنجد أن الزمان نفسه مصنوع من كمات محددة بـدلا مـن أن "يتـدفق" متواصلا . قد يكون هناك حد أساسى لإمكان تقسيم الزمن بدقة بأى ساعة كانت. ولكن نظرية أينشتين هى ونظرية الكم بأشكالهما الحالية لا تستطيع أى منهما أن يخبرنا بشئ حول البنية الدقيقة (الميكرو) للمكان والزمان . خلّف علـم القـرن العشرين لنا هذه القطعة الرئيسية من الشغل غير المنتهى لتشكل تحـديا للقـرن الحادى والعشرين .

(*) النجوم النيوترونية أحد مراحل احتضار النجوم عندما ينفذ وقود فرنها النـووى وتتغلـب الجاذبية على قوى تمددها ، فتتقلص حسب كتلتها إلى أجرام صغيرة مختلفة منهـا الـنجم النيوترونى ، ومنها أيضا الثقب الأسود الذى تكون له جاذبية هائلة فيجذب كل شـئ إلـى داخله ولايخرج منه أى شئ ولا حتى الضوء.(المترجم)

(**) تُستخدم هنا كلمتا المكان أو الفضاء كمترادفين . (المترجم)

يطرح تاريخ العلم أنه عندما تنهار نظرية ، أو تواجه مفارقة ، يكون الحل هو نموذج أساسي جديد يتجاوز ما كان موجودا من قبل . ليس من المستطاع تعشيق نظرية أينشتين مع نظرية الكم : سنجد أن كلا من النظريتين تكون رائعة فى حدود معينة ، ولكنهما تتناقضان عند أعمق المستويات . وما لم يحدث تركيب بينهما ، فإننا ولاريب لن نقدر على معالجة السؤال المربك عما حدث مباشرة عند البداية الأولى، وأقل من ذلك قدرتنا على أن نضفى أى معنى على السؤال عن " ما الذى حدث قبل الانفجار الكبير ؟ " حدث عند "لحظة" الانفجار الكبير أن كان كل شئ مضغوطا لما هو أصغر من ذرة واحدة ، بحيث يمكن لتراوحات الكم أن تهز الكون كله .

نظرية الأوتار الفائقة ، هى حاليا أكثر تناول مفضَّل للنظرية الموحدة، وحسب هذه النظرية فإن الجسيمات التى تصنع الذرات منسوجة كلها من الفضاء نفسه. والكيانات الأساسية ليست نقاطا ، وإنما هى انشوطات دقيقة ، أو "أوتار" ، والجسيمات المختلفة تحت النووية هى أنماط مختلفة من الذبذبات لهذه الأوتار – مختلف الايقاعات المتناغمة (هارمونيات) . وبالاضافة ، فإن هذه الأوتار تتذبذب، ليس فيما لدينا من فضاء عادى (له ثلاثة أبعاد مكانية يضاف لها بعد الزمان) وإنما فى فضاء له عشرة أبعاد أو أحد عشر بعدا .

ما بعد مكاننا وزمننا

نحن نظهر لأنفسنا ككائنات ثلاثية الأبعاد : فنحن نستطيع أن نتجه يسارا أو يمينا ، وأماما أو وراء ، ولأعلى أو لأسفل ، وهذا هو كل ما فى الأمر . وإذن ، كيف يحدث أن تحتجب عنا الأبعاد الإضافية ، ان كان لها وجود ؟ قد يكون الأمر أنها كلها ملفوفة معا بإحكام . قد تبدو أنبوبة خرطوم طويل وكأنها خط لاغير (له بعد واحد فقط) عند النظر اليها عن بعد ، ولكننا عندما نزداد قربا منها ندرك أنها أسطوانة طويلة (سطح له بعدين) ملفوفة باحكام ؛ ومع

ازديادنا قربا سندرك أن هذه الاسطوانة مصنوعة من مادة ليست رفيعة رفعا لا نهائيا ، وإنما تمتد فى بعد ثالث . وسنجد بما يناظر ذلك أن كل نقطة ظاهرة فى فضائنا ذى الأبعاد الثلاثة ، عندما تُكبَّر تكبيرا هائلا ، قد يكون لها بالفعل بعض بنية معقدة : تشكيل مطوى ملفوف لفا محكما فى أبعاد إضافية عديدة .

من الممكن تصور إمكـان ظهـور بعـض الأبعـاد الإضـافية بمقيـاس ميكروسكوبى فى التجارب المعملية (وإن كانت فيما يحتمل ملفوفة بإحكام شديد حتى بالنسبة لذلك). بل والأكثر إثارة للاهتمام ، أن واحدا من الأبعاد الإضافية قد لا يكون ملفوفا بالمرة: قد يكون هناك كون آخر ثلاثى الأبعاد "بجوار" كوننـا ، مطمور فى فضاء بأبعاد أكبر. عندما تزحف حشرات هنا وهناك فوق صـفحة ورق كبيرة (تشكل "كون" هذه الحشرات الثنائى الأبعاد) فإنها ربمـا لا تـدرك وجود صفحة مشابهة موازية لها ولا تلامسها . وبالمثل ، فإن مـن الممكـن أن يكون هناك وجود لكون آخر بأكمله (ثلاثى الأبعاد مثل كوننا) ولا يبتعد عنا إلا بأقل من المليمتر ، ولكننا غافلين عنه لأن ذلك المليمتر يُقاس فى بعد فضـائى رابع ، ونحن محبوسون فى أبعاد ثلاثة لاغير.

ربما يكون قد حدث الكثير من الانفجارات الكبيرة ، بل وحتى عدد لانهائى منها، وليس فقط ذلك الانفجار الوحيد الذى أدى إلى كوننا "نحن" . بـل وحتـى "كوننا" ، الذى أعقب انفجارنا الكبير الخاص بنا ، حتى كوننا هذا ربما يمتد بعيدا لما يتجاوز مدى العشرة بلايين عام التى تستطيع تليسيكوباتنا سبرها : فهو ربما يشمل نطاقا لايزال أفسح كثيرا ، ويمتد بعيدا جدا إلى مدى لم يحدث بعد أن أى ضوء منه قد وجد الوقت الكافى ليصل إلينا . وربما يكون ما يحدث هو أنه كلما تشكل ثقب أسود، فإن هناك عمليات عميقة من داخله تستطيع أن تقـدح زنـاد عملية خلق لكون آخر ، سوف يمتد فى الفضاء منفصلا عن كوننا . إذا كان هذا الكون الجديد مماثلا لكوننا ، سوف يحدث عندها أن تتشكل فيه نجوم ، ومجرات وثقوب سوداء ، وهذه الثقوب السوداء سوف تفرخ بـدورها جـيلا آخـر مـن

الأكوان، وهلم جرا ، ربما إلى مالانهاية. وربما يكون هناك إمكان لخلق الأكوان فى معمل مستقبلى ، بالتفجير الداخلى لكتلة صغيرة من المادة لتصنع ثقبا أسـود صغيرا ، أو حتى بأن تُسحق معا ذرات تُزاد طاقتها إلى طاقات عالية جدا فـى معجل جسيمات . وإذا كان الأمر هكذا ، فإن الجدل اللاهوتى عن حجة التصميم يمكن أن يعاد للحياة فى صورة جديدة ، بما يقلل من وضوح الفاصل بين ما هو طبيعى وما هو فوق الطبيعى .

منذ أنزل كوبرنيكوس كوكب الأرض من فوق عرشه فى وضعه المركزى، تعلّمنا نحن أن منظومتنا الشمسية ليست إلا واحدة بين بلايين غيرها نراها فـى نطاق تليسكوباتنا . ومرة أخرى يحدث لنا الآن أن تتزايد آفاقنا الكونية فى كبرها بدرجة مثيرة مماثلة : وربما يكون ما نسميه تقليديا بأنه كوننا مجرد "جزيـرة " واحدة فى أرخبيل لانهائى .

حتى نصنع تنبؤات علمية سنكون فى حاجة للإيمان بأن الطبيعـة لاتتسـم بالنزوات ، وفى حاجة لأن نكشف عن بعض أنماط منتظمة . ولكن لـن تكـون هناك حاجة لأن نُفهم هذه الأنماط فهما كاملا . وكمثل تمكن البابليون منذ ما يزيد عن ألفى سنة من التنبؤ بالوقت الذى يرجح فيه وقوع كسوفات الشمس ، لأنهم ظلوا يجمعون بالفعل المعطيات طيلة قرون واكتشفوا الأنمـاط التكراريـة فـى توقيتات أحداث الكسوف (وأنها بالذات تتبع دورة من ثمانية عشر عاما) . ولكن البابليون لم يعرفوا الطريقة التى تتحرك بها فعلا الشمس والقمر . ولم يحدث إلا فى القرن السابع عشر – فى عهد اسحق نيوتن وإدموند هالى – أن عُزيت دورة الثمانية عشر عاما إلى "عدم ثبات" مدار القمر .

تنجز ميكانيكا الكم نجاحات رائعة : ويطبقها معظم العلمـاء بغيـر تفكيـر تقريبا. وكما يوضح زميلى جون بولكنجورن، "مكيانيكى الكم العـادى لايكـون متلفلسفا بأكثر مما يكونه ميكانيكى المحركات العادى" . إلا أن علمـاء كثيـرين

ممن يفكرون عميقا ، إبتداء من أينشتين ومن بعده ، قد وجدوا أن هذه النظرية "مروعة " وهم يشكّون فى أننا لم نصل بعد للمنظور الأمثل لها . وربما تكون تفسيرات نظريات الكم حاليا تفسيرات من مستوى "بدائى" ، بما يماثل معرفة البابليين بالكسوف : تنبؤات مفيدة ، ولكن بلا فهم عميق .

لعل من الممكن أن نوضح بعض المفارقات المحيرة فى عالم الكم بواسطة فكرة مألوفة من روايات الخيال العلمى : فكرة "الأكوان المتوازية " . كتب أولاف ستابلدون رواية كلاسيكية اسمها "صانع النجوم" فيها تصور تنبؤى لهذا المفهوم . صانع النجوم هو الذى يكوّن الأكوان ، ونرى فى احدى عملياته التكوينية الاكثر تعقدا أنه ، "حيثما وُجه أحد الكائنات بسياقات عديدة ممكنة للفعل ، فإنه يتخذها كلها ، وبالتالى فإنه يكوّن الكثير من ... التواريخ المتمايزة للكون . وحيث ان كل تسلسل تطورى للكون يكون فيه كائنات كثيرة ويواجَه كل واحد منها دائما بسياقات كثيرة ممكنة ، وتكون توليفات كل سياقاتهم هذه توليفات لاحصر لعددها ، فإن عددا لا نهائيا من الأكوان المتمايزة يتقشّر منفصلا فى كل لحظة " .

قد يبدو لأول وهلة أن مفهوم الأكوان المتوازية فيه إلغاز بالغ بدرجة تجعله دون أى تأثير عملى . إلا أنه ربما يطرح بالفعل توقعا لنوع جديد تماما من الكمبيوتر، الكمبيوتر الكمومى ، الذى يستطيع أن يتجاوز حدود ما يعد حتى أسرع معالج رقمى، وذلك فى الواقع عن طريق أن يُجعل الحمل الحوسبى مشتركا بين عدد من الأكوان المتوازية يقارب المالا نهاية .

علمنا فى القرن العشرين ما تكونه الطبيعة الذرية لكل الكون المادى . أما فى القرن الحادى والعشرين فسيكون التحدى هو فهم حلبة الصراع نفسها، أن نسبر أعمق ما فى طبيعة المكان والزمان . ينبغى أن توضح لنا تبصرات جديدة كيف بدأ كوننا ، وهل هو أحد الأكوان بين كثرة منها . وربما حدث على مستوى

أكثر عملية وواقعية أن تكشف لنا هذه التبصرات عن مصادر جديدة للطاقة تكون كامنة فى الفضاء الخالى نفسه .

لعل السمكة لا تكاد تنتبه للوسط الذى تعيش وتسبح فيه ؛ ولاريب أنها ليس لديها أى قدرات فكرية لتتفهم أن الماء يتألف من ذرات مترابطة معا من الهيدروجين والأوكسجين ، كل منها قد صنعت بدورها من جسيمات أصغر . وبالمثل ، فإن البنية الدقيقة (الميكرو) للفضاء الخالى يمكن أن تكون معقدة بدرجة تفوق كثيرا قدرة المخ البشرى على استيعابها دون مساعدة . سوف نرى فى هذا القرن أن الأفكار عن الأبعاد الاضافية ، ونظرية الأوتار ، وما أشبه ستجذب بحيوية اهتمام العلماء . نحن نطمح إلى فهم موطننا البيئى الكونى - ومالم نحاول ذلك ، فإننا بكل تأكيد لن ننجح - إلا أنه ربما يكون موقفنا فى ذلك أننا لدينا فرصة نجاح أكبر هونا من فرصة السمكة.

حدود الزمان

الزمان كما كان يعرف ويلز مع سفينة سفره فى الزمان ، هو بعد رابع. والسفر فى الزمان فى المستقبل البعيد لاينتهك أى قوانين أساسية فى الفيزياء. إذا استطاعت سفينة فضاء أن تنتقل بسرعة تصل إلى ٩٩,٩٩ فى المائة من سرعة الضوء ، فإنها ستتيح لملاحيها ان "يسرعوا قدما " فى المستقبل . لو أمكن لرائد فضاء أن يتحرك بسفينته فى أقرب مدار ممكن حول ثقب أسود يدور سريعا ، دون أن يسقط الرائد فيه . سوف يتمكن هذا الرائد فى فترة وجيزة ذاتيا من أن يشهد فترة من المستقبل لها أمد زمنى طويل طولاهائلا فى الكون الخارجى . قد تكون مغامرات كهذه مما لا يمكن تنفيذه ، إلا أنها ليست مستحيلة فيزيائيا .

ولكن ماذا عن السفر فى الماضى ؟ منذ ما يزيد عن ٥٠ سنة ، اخترع عالم المنطق العظيم كيرت جودل كونا افتراضيا غريبا ، يتسق مع نظرية أينشتين ، ويتيح وجود "أنشوطات زمان" حيث الأحداث المستقبلية "تسبب" أحداثا فى

الماضى ، وهذه بدورها "تسبب" بعدها أسبابها الخاصة بها، بما يُدخل إلى العالم الكثير من العجائب ولكن دون تناقضات . (فى فيلم "المُنهى" يرسل احد الأبناء أباه وراء فى الزمان لينقذ (ويخصب) أمه ، والفيلم يوّلف توليفا رائعا بين تبصرات جودل ذلك العقل الأعظم النمسوى – الأمريكى، وبين مواهب أرنولد شوارزنجر ، ذلك الجسد الأعظم النمسوى – الأمريكى). استخدم فيما بعد الكثيرون من المنظرين نظريات أينشتين لتصميم "ماكينات زمان" ربما تشكل أنشوطات زمانية . ولكن هذه ليست ماكينات مما يتلاءم مع وضعها فى بدروم من العصر الفكتورى . يلزم لبعض هذه الماكينات ان يكون لها واقعيا طول لانهائى ؛ ويلزم للبعض الآخر مقادير هائلة من الطاقة . تتضمن العودة للماضى خطر تغييره بطريقة تجعل التاريخ غير متسق داخليا . إلا أننا عندما نصمم على ان السفر فى الزمان لايمكن له أن يغير الماضى فإن هذا لايماثل القول بأن السفر فى الزمان لايمكن له أن يحدث حتى ولو من حيث المبدأ : وإنما هذا يعنى فحسب أنه يقيد من حرية إرادة مسافر الزمان . على أن هذا ليس شيئا جديدا. فالفيزياء تقيدنا من قبل : نحن لا نستطيع أن نمارس حرية إرادتنا بأن نمشى على السقف . وأحد الخيارات الأخرى هو أن مسافرى الزمان يستطيعون الانتقال إلى أحد الأكوان الموازية ، حيث الأحداث تقع على نحو مختلف بدلا من أن تكرر نفسها ، وذلك كما فى فيلم "يوم المرموط"(*) .

من الواضح أن ليس لدينا حتى الآن نظرية موحدة ، ولاشك أن الأكوان المتوازية، وانشوطات الزمان ، والأبعاد الإضافية كلها مجرد "أفكار كبيرة" لعلم القرن الحادى والعشرين . وعند الاقرار بذلك ، فإن هورجان لايسعه إلا أن يستمر فى اطروحته المتشائمة عن "نهاية العلم" فيستخف بهذه النظريات باعتبارها من "العلم الهزأة " . وهذا فيما يحتمل تقييم منصف لوضعها الحالى ، حيث نجد أنها مجموعة من أفكار رياضية ، مطرزة بما يبدو كروايات الخيال

(*) المرموط نوع من القوارض آكلة النمل .(المترجم)

العلمى ومنفصلة عن التجربة أو الملاحظة . على أنـــه ممـــا يؤمـــل أن هـــذه النظريات ، لو أصبحت فى نطاق استيعابنا الفكرى ، سوف تفسر بالفعل أمـــورا حول عالمنا الفيزيائى تبدو لنا الآن ملغزة : لماذا توجد بالفعـــل البروتونـــات ، والألكترونات وغيرها من الجسيمات تحت الذرية ، ولماذا يحدث أن تتحكم فـــى العالم الفيزيائى قوى وقوانين بعينها . ربما تكشف النظرية الموحدة عن بعـــض أمور لم تخطر على بال ، إما على نطاق المقاييس البالغة الصـــغر. أو بتفســـير بعض ألغاز عن كوننا المتمدد . وربما أمكننا أن نستخلص بما يفيدنا بعض نوع مستحدث من الطاقة يكون كامنا فى الفضاء ؛ ومن الممكن أن يعطينا فهم الأبعاد الاضافية مادة لمفهوم السفر فى الزمان . وسوف تتيح لنا أيضا هـــذه النظريـــة الموحدة أن نعرف ماهى أنواع التجارب المتطرفة التى يمكن أن تقـــدح الزنـــاد لوقوع كارثة ، إن كان أى منها له وجوده .

جبهة العلم الثالثة : ماهو مركّب جدا

إذا كانت هناك نظرية محددة عن الكون والعالم الدقيق الصغر (الميكرو) - فإنه حتى لو توصلنا اليها ذات يوم - فإنها مع ذلك لن تكون نذيرا "بنهاية العلم". هناك جبهة أخرى مفتوحة . دراسة الأشياء المعقدة جدا - وفـــوق كـــل شـــئ، دراستنا لذاتنا نحن أنفسنا ، ولموطننا البيئى. وقد نفهم ما تكونه الذرة المفـــردة ، بل ونفهم حتى ألغاز الكواركات وغيرها من الجسيمات التى تكمن داخـــل نـــواة الذرة ، ولكننا مازلنا محيرين من الطريقة المعقدة التى تتحد بها الذرات لتشـــكل كل أنواع البنى المعقدة فى بيئتنا، خاصة تلك البنى الحية . كثيرا مـــا تُســـتخدم عبارة " نظرية كل شئ " فى الكتب الرائجة جماهيريـــا ، وهـــى عبـــارة لهـــا تضمينات لا تقتصر على كونها متعجرفة ، وإنما أيضا مضللة . النظرية التـــى يزعم أنها لكل شئ سوف تؤدى فى النهاية إلى أن تقدم بالفعل إلى ٩٩ فى المائة من العلماء عونا مقداره صفر مطلق .

كان الفيزيائى ريتشارد فينمان ، بما لـه من ذكـاء ألمعـى وشخصـية كاريزيمية، يحب أن يؤكد على هذه النقطة باستخدام قياس تمثيل لطيف ، يرجع فى الحقيقة وراء إلى ت. هـ . هكسلى فى القرن التاسع عشر . تخيل أنك لم تر قط من قبل لعبة الشطرنج وهى تمارس . سوف تسـتطيع بمراقبـة مباريـات معدودة أن تستنتج قواعد اللعبة. ولكننا نجد فى الشطرنج أن تعلم طريقة نقل قطع اللعبة ليس إلاخطوة بدائية تافهة فى تشرب التقدم فى الطريـق مـن اللاعـب المستجد إلى الأستاذ الكبير . وبمثل ذلك ، فإننا حتى إذا عرفنا القوانين الاساسية، فإن استكشاف الطريقة التى تؤدى بها النتائج المترتبة عليها إلى نشـر طيـات تاريخ الكون - كيف تشكلت المجرات والنجوم والكواكب ، وكيف حدث هنا على كوكب الأرض ، وربما فى محيطات حيوية كثيرة فى أماكن أخرى ، أن تجمعت الذرات فى مخلوقات لها القدرة على أن تتأمل فى أصولها - هذا الاستكشاف فيه تحديات لانهاية لها .

لايزال العلم عند مجرد بدايته : وكل خطوة تقدم تجلب مجموعة جديدة من الأسئلة إلى بؤرة الاهتمام . أنا متفق مع جون مـادوكس فـى أنـه "سـتكون المفاجئات الكبرى هى فى الاجابة عن تلك الأسئلة التى لم نصل بعد إلى الحـذق الكافى لأن نسألها . المشروع العلمى خطة لا تنتهى وسيظل كذلك حتـى بـاقى الزمان " .

قد يبدو من الغطرسة أن يعلن علماء الكونيات تصريحاتهم بثقة عن شـئون ملغزة وبعيدة فى حين نجد أن آراء الخبراء فى موضوعات الحياة اليومية إلـى دُرست زمنا طويلا مثل التغذية ورعاية الطفل ، هى آراء مـن الواضـح أنهـا لاتزيد إلا قليلا عن أن تكون صرعات مؤقتة . على أن ما يجعل الأمور تصعب على الفهم هو مدى ماتكون عليه من التعقد وليس مدى ما يكـون عليـه كبـر حجمها. الكواكب والنجوم كبيرة الحجم ، ولكنها تتحرك طبقا لقوانين بسـيطة . نحن نستطيع ان نفهم النجوم ، وكذلك أيضا الذرات ؛ إلا ان عالم الحياة اليومية ،

خاصة عالم الاحياء ، يفرض تحديا أعظم . يشكل علم التغذية ، بمعنى حقيقى ، علما أشد صعوبة من علم الكونيات أو الفيزياء تحت الذرية . سنجد أن البشر ، وهم من بين ما أدركناه فى الكون من الكيانات أكثرها تعقدا فى بنائهـا ، لهـم موقعهم فى الوسط بين الذرات والنجوم. حتى نصنع الشمس من عدد من الأجسام البشرية سيتطلب ذلك عددا من هذه الأجساد يماثل فـى كثرتـه عـدد الـذرات الموجودة داخل كل منا .

لا يزال عالم حياتنا اليومية يفرض تحديا لعلم القرن الحـادى والعشـرين أعظم من التحدى الذى يفرضه الكون أو عالم الجسيمات تحت النووية . المجال البيولوجى هو التحدى الرئيسى ، بل وحتى المواد البسيطة تسلك بطرائق معقدة . أنماط الطقس الجوى مظاهر لما قد أحسناً فهمه من فيزياء الهواء والماء ، ولكنها بالغة فى التعقيد والشواش ، ولا يمكن التنبؤ بها ؛ والنظريات المحسنة عن العالم الميكرو لا تفيد مطلقا المتنبئين بالجو .

عندما نشتبك مع تلك الأمور المركّبة بمقاييسنا البشرية ، يثبـت أن اتبـاع طريقة التناول الكلية تكون أكثر فائدة من الأختزالية الساذجة . يكـون سـلوك الحيوانات معقولا بأقصى درجة عندما نفهمه بلغة الأهداف والبقاء فى الوجود . فى وسعنا أن نتنبأ بثقة أن طائر "القطرس"(*) سوف يعود إلى موضع عشه بعـد أن يجول لعشرات الآلاف من الكيلومترات أو أكثر . سيكون تنبؤا كهذا مستحيلا – ليس فحسب عمليا ، بل وحتى من حيث المبدأ – لو أننا حللنا القطـرس إلـى تجمع من الالكترونات والبروتونات والنيوترونات .

أحيانا تُشبَّه العلوم بالمستويات المختلفة من مبنى عالى : المنطـق فـى البدروم، والرياضة فى الطابق الأول ، ثم فيزياء الجسيمات ، ثم باقى الفيزيـاء والكيمياء ، وهلم جرا ، صعودا إلى السيكولوجيا ، وعلم الاجتماع ، والاقتصـاد

(*) القطرس طائر بحرى كبير . (المترجم)

فى الطابق الأعلى . إلا أن القياس بالتمثيل هنا سئ . ذلك أن البنى العليا ، علوم "المستوى الأعلى" التى تعالج منظومات معقدة ، لا تكون مهددة بالخطر من أساس غير آمن ، كما يكون البناء مهددا . هناك قوانين للطبيعة فى المجال الماكروسكوبى فيها بالضبط من التحدى مثلما فى أى تحدى فى عالم الميكرو ، وهى بما يمكن تصوره تتبع تلقائيا منه – وكمثل لذلك هناك تلك القوانين التى تصف مرحلة الانتقال بين السلوك المنتظم والسلوك الشواشى ، والتى تنطبق على ظواهر جد متفاوته مثل الانابيب التى تقطر ماء وعشائر الحيوان .

ظلت هناك مشاكل فى الكيمياء ، والبيولوجيا ، والعلوم الانسانية بلا حل لأن العلماء لم يوضحوا الأنماط ، والبنى ، والصلات البينية ، وليس السبب فى ذلك أننا لانفهم الفيزياء تحت الذرية فهما كافيا . عندما نحاول فهم طريقة تكسر أمواج المياه، وطريقة سلوك الحشرات ، لن يفيدنا فى ذلك اجراء تحليل على مستوى الذرة . العثور على "عرض البيانات الرقمى" للجينوم البشرى – أى اكتشاف خيط الجزيئات الذى يشفر لميراثنا الجينى – لهو انجاز مذهل . ولكن هذا مجرد مقدمة لتحدى أعظم كثيرا لعلم ما بعد الجينوم ، أى فهم الطريقة التى تؤدى بها الشفرة الوراثية إلى قدح زناد تجميع البروتينات والى أن تعبر عن نفسها فى الجنين المتنامى . هناك جوانب أخرى من البيولوجيا تفرض تحديات لانكاد بعد نستطيع صياغتها ، وعلى الأخص ما يتعلق بطبيعة المخ .

حدود العقول البشرية

من الممكن أن يحدث ذات يوم لبعض فروع العلم أن تصل إلى التوقف. ولكن هذا ربما سيحدث لأننا قد انتهينا إلى الاصطدام بحدود ما يمكن لأمخاخنا أن تفهمه، وليس لأن الموضوع قد استنفد . ربما لن يحدث أبدا أن يفهم الفيزيائيون طبيعة صخر الأديم(*) للمكان والزمان لأن الرياضيات تكون لا غير

(*) صخر الأديم هو اصلا صخر الأساس الصلب الذى ترتكز عليه التربة ولم تؤثر فيه المؤثرات الجوية بعد.(المترجم)

بالغة الصعوبة هنا ؛ ولكنى أعتقد أن محاولاتنا لفهم المنظومات المعقدة جـدا – وفوق كل شئ فهم أمخاخنا – ستكون أول ما سوف يصطدم بهذه الحدود . وربما يكون الأمر أن التجمعات المعقدة للذرات ، سواء كانت عقولا أو ماكينات ، لـن تستطيع قط أن تفهم كل شئ عن نفسها.

سوف تؤدى الكمبيوترات التى لها قدرات بالمستوى البشرى إلـى تسـريع عجلة العلم ، حتى وإن كانت لن تفكر بطريقة تفكيرنا . لشركة آى بى إم (IBM) كمبيوتر يلعب الشطرنج اسمه "الأزرق القاتم"، وهو لم يطور استراتيجيته كلاعب بشرى؛ وانما هو يستغل سرعته الحوسبية ليقارن ملايين من السلاسـل البديلـة للنقلات والاستجابات ، مطبقا مجموعة معقدة من القواعد، قبل أن يقـرر النقلـة المثلى . وهذه الطريقة من "القوة الغاشمة" فى تناول اللعب قد تغلبت على بطـل للعالم فى اللعبة ؛ وبمثل ذلك ، ستصنع الماكينات اكتشافات علمية فى أمور من تلك التى تراوغ عقول البشر عندما تكون بلا مساعدة . وكمثل ، فـإن بعـض المواد تفقد تماما مقاومتها للكهرباء عند تبريدها لدرجات حرارة منخفضة جـدا (الموصلات الفائقة) . هناك طلب مستمر للعثور على "وصفة" لموصـل فـائق يعمل عند درجة الحرارة العادية للغرفة (أى بالتقريب عند درجة ثلاثمائه فـوق الصفر المطلق ؛ أعلى درجة حرارة تم التوصل لها حتى الآن بالنسبة للتوصـل الفائق هى ١٢٠ درجة). يتطلب هذا المطلب قدرا كبيرا من "التجربة والخطأ" ، لأنه ما من أحد يفهم بالضبط ما الذى يجعل مقاومة الكهرباء تختفى فى بعـض المواد بسهولة أكبر مما فى غيرها .

دعنا نفترض أن إحدى الماكينات طلعت علينا بهذه الوصفة . ربما تكون قد نجحت فى ذلك بالطريقة نفسها التى كسب بها "الأزرق القـاتم" مبارياتـه فـى الشطرنج ضد كاسباروف : وذلك باختيار ملايين الاحتمالات بدلا من أن يكـون لديها نظرية أو استراتيجية حسب الأسلوب البشرى . ولكن هذه الماكينة ستكون قد توصلت إلى أمر هو مما ينال عنه أحد العلماء جائزة نوبل. وبالإضافة ، فإن

ما اكتشفته سيكون بشيرا بنجاح تكنيكى مخترق سيؤدى مع أشياء أخرى إلى مزيد من الكمبيوترات الأقوى ، وفى هذا نموذج للتسارع المنفلت فى التكنولوجيا، الذى يثير قلق بيل جوى وغيره من المستقبليين ، وهو تسارع يمكن أن يكون بلا توقف عندما تستطيع الكمبيوترات أن تعزز من الأمخاخ البشرية أو تستطيع حتى أن تحل محلها .

تُستخدم فى المحاكيات كمبيوترات تتزايد أبدا فى قوتها ، بحيث ستفيد العلماء فى فهم عمليات هى إما مما لاندرسه فى معاملنا أو مما لانلاحظه بطريقة مباشرة. يستطيع زملائى بالفعل أن يشكلوا "كونا خائليا" فى أحد الكمبيوترات ، ويجرون عليه "التجارب" – فيحاكون مثلا طريقة تكوين وموت النجوم ، وطريقة تكوين قمرنا فى اصطدام بين كوكب الأرض صغير السن وكوكب آخر .

الحياة الأولى

سوف يصل علماء البيولوجيا سريعا إلى إيضاح العمليات التى حدثت بها توليفات للجينات تشفّر للكيمياء المعقدة للخلايا ، ولمورفولوجيا (تشكل) الأطراف والأعين . ومن التحديات الأخرى تفسير طريقة بدء الحياة ، وربما حتى إعادة نسخ الحدث ، إما فى المعمل أو "خائليا" فى الكمبيوتر (حيث يمكن دراسة التطور دراسة أسرع كثيرا مما فى الزمان الواقعى) .

من الظاهر أن كل الحياة على الأرض لها سلف مشترك ، ولكن كيف أتى إلى الوجود هذا الشئ الحى الأول ؟ ما الذى أدى إلى أن ينتج عن الاحماض الأمينية أول نظم للتناسخ ، وان تنتج كيمياء البروتين المعقدة للحياة ذات الخلية الواحدة ؟ الإجابة عن هذا السؤال – مرحلة الانتقال من اللاحى إلى الحى – لاتزال أمرا أساسيا بالنسبة للعلم لم يتم إنجازه بعد . أجريت تجارب معملية تحاول محاكاة "حساء" الكيماويات على كوكب الأرض وهو صغير السن ، وهى تجارب قد تطرح بعض المفاتيح ؛ وقد تطرحها أيضا بمثل ذلك محاكيات

الكمبيوتر . تصور داروين وجود "بركة صغيرة دافئة" . ونحن الآن أكثر إدراكا للتنوع الهائل فى البيئات الملائمة (Niches) التى يمكن للحياة أن تشغلها . تخبرنا النظم الايكولوجية القريبة من الينابيع الكبريتية الحارة فى أعماق المحيطات بأنه ليس من الضرورى أن يوجد حتى ضوء الشمس . وبالتالى فإن بدايات الحياة ربما تكون قد حدثت فى بركان متقد ، أو فى موقع عميق تحت الأرض ، أو حتى فى مزيج كيميائى ثرى من سحابة مغبرة بين النجوم .

ونحن فوق كل شئ نود أن نعرف ما إذا كان انبثاق الحياة بمعنى ما أمرا محتوما، أو أنه كان بالصدفة . تعتمد أهمية أرضنا كونيا على ما إذا كانت المحيطات الحيوية أمرا نادرا أو شائعا ، وهذا يعتمد بدوره على مدى "خصوصية" الظروف اللازمة من أجل بدء الحياة . تؤثر الاجابة عن هذا السؤال المفتاح فى الطريقة التى سنرى بها أنفسنا ومستقبل الأرض على المدى البعيد . لا ريب فى أننا فى وضع حرج ناتج عن حقيقة أنه ليس لدينا لذلك سوى مثل وحيد ، على أن هذا أمر قد يتغير. ربما يكون البحث عن وجود حياة لا أرضية هو أكثر التحديات المثيرة للافتتان فى علم القرن الحادى والعشرين . سوف تؤثر نتيجة هذا البحث فى مفهومنا عن مكانتنا فى الطبيعة تأثيرا يبلغ عمقه ما للداروينية من تأثير استمر عبر السنوات المائة والخمسين الأخيرة .

- ١٢ -

هل لمصيرنا أهمية كونية ؟

من الممكن أن تكون الاحتمالات أكبر كثيرا ضد أن يقع حدث انبثاق (واستمرار بقاء) الحياة المعقدة، وهكذا يكون كوكب الأرض هو المثوى الوحيد للذكاء الواعى فى كل مجرتنا . وعندها سيكون لمصيرنا أهميته التى يتردد صداها حقا فى الكون .

هل الحياة واسعة الانتشار أو أن لكوكب الأرض وضع خاص ، ليس فقط بالنسبة لنا ، نحن الذين نعد الأرض الكوكب الموطن ، وانما بالنسبة للكون العريض؟

طالما أننا لا نعرف إلا محيطا حيويا واحدا ، هو المحيط الحيوى الخاص بنا، فإننا لانستطيع أن نستبعد أنه المحيط الحيوى الوحيد : الحياة المعقدة يمكن أن تكون نتاج سلسلة من أحداث ليست مما يرجح وقوعها حتى أنها لم تحدث إلا مرة واحدة فى الكون المرصود ، فوق الكوكب الذى نعيش نحن فيه (بالطبع) . ومن الناحية الأخرى من الممكن أن تكون الحياة واسعة الانتشار ، وتنبثق فوق أى كوكب مشابه للأرض (وربما أيضا فى بيئات كونية كثيرة أخرى) . مازلنا لا نعرف عن طريقة بدء الحياة وطريقة تطورها إلا القليل جدا بحيث لايتيح لنا ذلك أن نصدر قراراذ حاسما بين هذين الاحتمالين القصويين . سيحدث أعظم نجاح مخترق لو أننا وجدنا محيطا حيويا آخر: حياة حقيقية خارج كوكب الأرض.

ربما سيحدث فى العقود القادمة رحلات استكشاف للمنظومة الشمسية بغير رواد فضاء من البشر وتؤدى إلى ترسيخ أحد الاحتمالين . منذ ستينيات القرن

العشرين، ونحن نرسل مجسات فضاء للكواكب الاخرى فى منظومتنا الشمسية ، لتعيد لنا إرسال صور لعوالم متنوعة ومتميزة ؛ إلا أنه لم يظهر ان أيا من هذه الكواكب فيه ما يرحب بالحياة – وذلك فى مفارقة حادة مع كوكبنا . لايزال المريخ هو البؤرة الأساسية لانتباهنا . كشفت المجسات عن مناظر خلوية مريخية مثيرة : براكين يصل ارتفاعها إلى عشرين كيلومترا ، وأخدود يبلغ عمقه ستة كيلومترات ويمتد لأربعة آلاف متر عبر الكوكب . هناك مجارى أنهار جافة ، بل ومعالم تبدو مشابهة لخط شاطئ إحدى البحيرات . إذا كان هناك ماء على السطح قد تدفق يوما فوق المريخ، فمن المرجح أنه قد نبع من الأعماق تحت الأرض ، ثم دُفع بقوة لأعلى من خلال جمد سرمدى(*) سميك .

سبر المريخ وما بعده

أجرت ناسا أول بحث جدى عن الحياة فى المريخ فى سبعينيات القرن العشرين. أُنزلت مجسات "الفيكنج" بالبراشوت فوق صحراء قاحلة تتناثر فيها الصخور وأغترفت هذه المجسات عينة من التربة ؛ ولم تكشف أجهزة المجسات عن أى علامة للحياة ولا حتى حياة لأكثر الكائنات الحية بدائية . لم يأت إلا لاحقا الزعم الجدى بوجود حياة حفرية ، وهو زعم نتج عن تحليل قطعة من المريخ شقت طريقها الخاص إلى الأرض. يُصاب المريخ ، مثله مثل كوكب الأرض ، بالاصطدام بأجزاء من كويكبات تلقى بالحطام خارجا إلى الفضاء . بعض هذا الحطام يجوب الفضاء فى مدار لملايين كثيرة من السنين ، ثم يصطدم بكوكب الأرض فى شكل نيازك . فى ١٩٩٦ أجرى الرسميون فى ناسا مؤتمرا صحفيا فيه دعاية مبالغ فيها ، بل حضره حتى الرئيس كلينتون ، ليعلنوا أن نيزكا تم التقاطه من القطب الجنوبى ، عليه بصمات كيميائية من أصل مريخى ، ويحمل آثارا لكائنات دقيقة . ظل العلماء من وقتها وهم يتابعون المسألة وراء :

(*) الجمد السرمدى هو أصلا طبقة جليد متجمدة باستمرار على عمق متفاوت تحت سطح الأرض فى المناطق القطبية المتجمدة . (المترجم)

ربما حدث "للحياة على المريخ" أنها أختفت بالطريقة نفسها بالضبط التى اختفت بها "القنوات" منذ قرن . على أننا لم نهجر الأمل فى وجود حياة فوق الكوكب الأحمر ، حتى وان كان المتفاءلون لا يتوقعون مايزيد عن وجود بكتريا فى حالة سبات . سوف تُرسل مجسات فضاء أخرى لتحليل سطح المريخ على نحو أتقن بكثير مما فعله "الفيكنج" ، كما أنها ستعيد العينات لكوكب الأرض (فى بعثات لاحقة).

المريخ ليس الهدف الوحيد لهذه الاستطلاعات . سترسل وكالة الفضاء الأوروبية فى ٢٠٠٤ مجسا اسمه "هيجنز " كجزء من حمولة بعثة "كاسين" (لناسا)، وهذا سيهبط بالبراشوت فى جو تيتان القمر العملاق لزحل ، ليبحث عن أى شئ قد يكون حيا . هناك خطط على المدى الأطول لإنزال مجس فوق "يوروبا" قمر المشترى وتكون له القدرة على الغوص فيه بحثا عن الحياة – ربما تكون حتى حياة لكائنات بزعانف أو مستشعرات – فى محيطات هذا القمر المغطاة بالثلج .

لو كشفنا عن الحياة فى مكانين من منظومتنا الشمسية – التى نعرف الآن أنها منظومة واحدة بين ملايين من المنظومات الكوكبية فى مجرتنا – فإن هذا سوف يطرح ان الحياة شائعة فى مكان آخر من الكون . سنستنتج عندها مباشرة أن كوننا (بما فيه من بلايين المجرات ، تحوى كل واحدة منها بلايين النجوم) يمكن له أن يتضمن تريليونات من المواطن البيئية التى يوجد بها بعض نوع من الحياة (أو آثار لحياة سابقة). هذا هو السبب فى أن من المهم علميا أبلغ الأهمية أن نبحث عن الحياة فوق الكواكب الأخرى والأقمار الأخرى بمنظومتنا الشمسية.

على أن هناك شرطا واحدا بالغ الأهمية : قبل أن نخرج بأى استنتاج حول انتشار الحياة فى كل مكان وزمان ، سنكون فى حاجة للتأكد تماما من ان أى

حياة خارج الأرض كانت لها بدايتها على نحو مستقل ، وأن الكائنات الحية لم تشق طريقها ، عن طريق الغبار الكونى أو النيازك ، منتقلة من أحد الكواكب للآخر . وعلى أى حال ، فنحن نعرف أن بعض النيازك التى اصطدمت بالأرض قد أتت من المريخ؛ ولو كان عليها حياة فربما تكون هذه هى الطريقة التى بدأت بها الحياة على كوكب الأرض . ولعلنا جميعا لدينا سلف مريخى .

أهناك كواكب أخرى من نوع الأرض ؟

حتى لو كان هناك حياة فى مكان آخر فى منظومتنا الشمسية ، لن يتوقع سوى قلة من العلماء أنها ستكون حياة "راقية" ، هذا إن كان هناك أى عالم سيتوقع أى حياة. ولكن ماذا عن الكون فى أقصى أبعاده ؟ فى السنوات التالية لعام ١٩٩٥ أنفتح مجال علمى جديد : دراسة عائلات أخرى من الكواكب ، تدور فى فلك حول نجوم بعيدة . ما هى توقعات وجود حياة فوق بعض هذه الكواكب ؟ لم يحدث إلا لقلة منا أن فوجئت بوجود هذه الكواكب : فقد كان علماء الفلك يعرفون من قبل أن هناك نجوما أخرى تكونت مثلما تكونت شمسنا ، من سحابة ما بين النجوم تلف بطيئا وتتقلص إلى قرص؛ ويمكن للغاز المغبر فى هذه الأقراص الأخرى أن يتكتل فى كوكب ، تماما مثل ما حدث حول الشمس وهى وليدة جديدة . إلا أنه قبل تسعينيات القرن العشرين لم تكن توجد تكنيكات لها الحساسية الكافية بالفعل للكشف عن أى من تلك الكواكب القصية البعد . ومع حلول وقت تأليف هذا الكتاب أصبح هناك مائة نجم آخر مثل الشمس قد عرف بالفعل أن لكل منهما كوكب واحد على الأقل ؛ ويتم اكتشاف المزيد بمعدل يكاد يكون شهريا . حتى الآن فإن هذه الكواكب التى عثر عليها من التى تدور فى فلك نجوم من النمط الشمسى، يصل حجمها كلها تقريبا إلى حجم المشترى أو زحل ، عملاقى منظومتنا الشمسية . ولكن هذه الكواكب فيما يحتمل هى فحسب أكبر الأعضاء فى "المنظومات الشمسية" الأخرى ، بينما تبقى الأعضاء الاصغر حجما فى انتظار اكتشافها . وإذا كان بينها كوكب فى حجم كوكب الأرض ، أى

أصغر حجما من المشترى بثلاثمائة مثل ، فإنه بحجمه هذا يكون أصغر وأشحب من أن*يُكتشف بالتكنيكات الحالية ، حتى ولو كان يدور حول نجم من أقرب النجوم لنا . يتطلب رصد الكواكب التى تشبة كوكب الأرض أن توجد فى الفضاء مجموعات مصفوفة وكبيرة جدا من التليسكوبات . أُطلق على البرنامج العلمى الرئيسى لناسا إسم "أوريجينز" (الأصول) ويركز البرنامج على الأصول – أصل الكون ، وأصل الكواكب، وأصل الحياة – وسيكون أحد مشروعاته الأساسية ما يسمى "الباحث عن مثيل الكوكب الأرضى" ، ويتكون من مصفوفة من التليسكوبات فى الفضاء ؛ ويخطط الأوربيون لمشروع مماثل يسمى "داروين" .

درسنا كلنا ونحن فى سن صغير النسق العام لمنظومتنا الشمسية – أحجام الكواكب التسع الرئيسية وكيف تتحرك فى أفلاك حول الشمس . ولكننا بعد مرور عشرين سنة من الآن سنتمكن من إخبار أحفادنا فى إحدى الليالى المرصعة بالنجوم عن أمور تثير الاهتمام إلى حد أكبر كثيرا . لن تكون النجوم القريبة مجرد نقط تومض فى السماء . سنفكر فيها كشموس لمنظومات شمسية أخرى . سنعرف مدارات تلك الحاشية من الكواكب حول كل نجم منها ، بل وسنعرف حتى بعض التفاصيل الطوبوغرافية(*) للكواكب ذات الحجم الأكبر .

ينبغى أن يؤدى مشروع "الباحث عن مثل الكوكب الأرضى " هو ونظيره الأوروبى إلى اكتشاف الكثير من هذه الكواكب ، ولكنها ستكون فحسب نقطا شاحبة من الضوء . ومع ذلك سنتمكن من تعلم الكثير عنها حتى دون وجود صورة تفصيلية. لو نظر أحدهم لكوكب الأرض من مسافة تصل (مثلا) إلى بعد خمسين سنة ضوئية – وهى مسافة بعد أحد النجوم القريبة – ستظهر الأرض له بحسب عبارة كارل ساجان(**)– " نقطة زرقاء شاحبة " تبدو قريبة جدا من أحد

(*) الطوبوغرافيا وصف أو رسم أقاليم الأرض وسمات سطحها كالهضاب والأودية والبحيرات والأنهار والطرق ...الخ .(المترجم

(**) كارل ساجان عالم كونيات أمريكى مشهور توفى ١٩٩٦ وله مؤلفات كثيرة رائجة فى الثقافة العلمية.(المترجم)

النجوم ، شمسنا ، التى تفوق الأرض سطوعا بعامل من عدة بلايين . سيكون فى الظل الازرق اختلاف طفيف حسب ما إذا كان ما يواجهنا هو المحيط الهادى أو كتلة أوراسيا الأرضية . عندما نرصد كواكب أخرى ، حتى إذا كنا لانستطيع تحديد التفاصيل على سطحها ، إلا أننا نستطيع ان نستنتج ما إذا كانت تلف ، ومدى طول " يومها " بل وحتى ما تكونه طبوغرافيتها ومناخها على وجه التقريب.

سيكون لنا اهتمام خاص بما يحتمل من وجود "توائم" لأرضنا ، كواكب لها الحجم نفسه مثلنا ، وتدور حول نجوم أخرى شبيهة بالشمس ، ولها مناخ معتدل حيث المياه لاتغلى ولا تبقى متجمدة . نستطيع عن طريق تحليل الضوء الشاحب لأحد هذه الكواكب أن نستنتج ما تكونه الغازات الموجودة فى جوه . إذا كان هناك أوزون موجود – الأمر الذى يدل على أن الكوكب كان غنيا بالأوكسجين ، كما هو الحال فى جو أرضنا – فإن هذا يدل على وجود محيط حيوى . لم يبدأ جونا نحن بهذه الطريقة ، ولكنه تحول لذلك فى تاريخه المبكر بواسطة البكتريا البدائية .

على أن الصورة الفعلية لكوكب من هذا النوع – تلك الصورة التى يمكن عرضها فوق شاشات بحجم الجدار ، شاشات سيحدث فى ذلك الوقت أنها ستحل مكان الملصقات كديكورات للغرف – من المؤكد أنها صورة لها من التأثير ماهو أعظم من تأثير الصور الكلاسيكية لكوكبنا نحن كما يُرى من الفضاء . ولكن حتى لو استمرت البرامج من نوع برامج ناسا لعقود عديدة من السنين ، لن تكون لدينا صور من هذا النوع إلا بعد ٢٠٢٥. وسوف تتطلب هذه الصور وجود مرايا ضخمة فى الفضاء ؛ بل وحتى عند وجود مصفوفة منها تنتشر عبر مئات الكيلومترات فإنها ستعطى فقط صورة بالغة التضبب وعدم الصقل ، تكشف فحسب عن وجود أحد الميحطات أو كتلة يابس قارية . ربما سيحدث فى زمن أكثر بعدا فى المستقبل أن يتمكن صناع روبوتيون ، وهم فى جاذبية الصفر فى

الفضاء ، من انشاء مرايا جد رقيقة فى سمكها وتكون حتـــى بمقـــاييس أكثــر ضخامة . وهذه المرايا ستُظهر تفاصيلا أكثر ، وتتيح لنا أن نسبر حتى ما يوجد على مسافات أبعد ، بما يزيد من فرصة العثور على كوكب ربما يؤوى الحياة ..

أهناك حياة لغرباء ؟

إلى أى مسافة بعيدة علينا أن نبحث حتى نجد محيطا حيويا آخــر ؟ هــل ستبدأ الحياة فوق كل كوكب يكون له المدى الحرارى المناسب ، وحيث توجــد المياه ، هى والعناصر الأخرى مثل الكربون ؟ لاتــزال هــذه الأســئلة حاليــا مفتوحة. وكما يكون شأن العلم دائما ، فإن نقص الأدلة يؤدى إلى آراء مستقطبة وأحيانا دوجماتية ، إلا أن أتّباع اللا أدرية هو حقا الموقف المعقول الوحيد عندما لانعرف إلا أقل القليل عن طريقة بدء الحياة ، والطريقة التى يمكن بهــا تتــوع أشكالها ومواطنها البيئية ، وما تكونه المسالك التطورية التى قد تتخذها .

هل يمكن أن بعضا من هذه الكواكب التى تدور حول النجوم الأخرى تؤوى أشكال حياة تكون غريبة إلى حد أبعد كثيرا مما قد يتوقعه حتى المتفائلون عــن الحياة فوق المريخ أو يوروبا - بعض شكل يمكن حتى أن يسمى بأنــه ذكــى ؟ حتى نصل لإثبات أحد الاحتمالات ، سنحتاج إلى أن نفهم فهما واضــحا مــدى خصوصية ما يجب أن تكون عليه البيئة الفيزيائية لكوكب الأرض من أجــل أن تتيح عملية الانتخاب طويلة المدى التى أدت إلى أشكال الحيوانات الأرقى فــوق كوكب الأرض . لدونالد براونلى وبيتر وارد كتــاب اســمه "الأرض النــادرة " ينادبان فيه بأن ليس غير كواكب قليلة جدا حول النجوم الأخرى - حتى بين تلك الكواكب التى تشبه كوكب الأرض فى حجمه ودرجات حرارته - سيتوفر فيهــا الاستقرار المطلوب على مدى زمنى طويل من أجل أن يحدث التطــور الممتــد زمنيا والذى يجب أن يسبق الحياة الراقية . وهما يعتقدان أن هناك شروطا مسبقة أخرى عديدة قد لايمكن الإيفاء بها إلا فيما ندر . يجب أن يكون مدار الكوكــب

بحيث لايجوب الفضاء وهو قريب باكثر من اللازم من "شمسه"، ولا وهو بعيـد بأكثر من اللازم عنها ، الأمر الذى سيحدث له لو أن كواكب أخرى أكبر حجما اقتربت منه باكثر من اللازم ووكزته ليدور فى فلك مختلف ؛ ويجب أن يكـون لفه مستقرا (وهذا أمر يعتمد على أن يكون قمرنا كبيرا) ؛ ويجب ألا يحدث له أن يُقذف قذفا بالغا بالكويكبات ؛ وما إلى ذلك .

إلا أن أكبر أوجه عدم اليقين يكمن فى مجال البيولوجيا ، وليس الفلك. اولا، كيف بدأت الحياة ؟ أعتقد أن ها هنا توجد فرصة حقيقية للتقدم ، بحيث أننا سوف نعرف ما إذا كان ذلك "بضربة حظ" ، أو ما إذا كان ذلك علـى نحـو محتـوم تقريبا فى نوع من "الحساء" الأولى الذى يُتوقع فوق كوكب صغير السن . علـى أن هناك سؤالا ثانيا : حتى لو وجدت حياة بسيطة ، ما هى الاحتمالات ضد أن تتطور إلى بعض شئ نتعرف عليه على أنه ذكى ؟ من المرجح أن يثبت أن ذلك أمر أكثر صعوبة بكثير . وحتى لو كانت الحياة البدائية شائعة ، فإن انبثاق حياة "راقية" قد لايكون كذلك .

نحن نعرف بشكل عام ، الأطوار الرئيسية فى تنامى الحياة هنا على كوكب الأرض . ويبدو أن أبسط الكائنات الحية قد انبثقت خلال مائة واحدة من ملايين من أعوام التبريد النهائى لقشرة الأرض بعد الاصطدام الكبير الأخير منـذ مـا يقرب من أربعة بلايين عام . ولكن يبدو أنه قد مر ما يقرب من بليونى عام حتى ظهرات أول الخلايا ذات النواة الحقيقية ، ثم مر بليون آخر حتى ظهرت حيـاة الكائنات متعددة الخلايا . وفيما يبدو فإن معظم أنواع الأجسام المعتادة قد ظهرت لأول مرة خلال الانفجار الكمبرى ، منذ ما يزيد بالكاد عن نصف بليون عـام . انبثق التنوع الهائل فى الكائنات منذ ذلك الوقت، تقطعه علامـات تـرقيم مـن انقراضات كبرى ، مثل ذلك الحدث الذى وقع منذ خمسة وستين مليـون سـنة وأدى إلى إبادة الديناصورات .

حتى لو وجدت حياة بسيطة على كواكب كثيرة حول نجوم قريبة ، فإن المحيطات الحيوية المعقدة مثل محيط الأرض الحيوى قد تكون نادرة : ربما يكون هناك بعض عقبة رئيسية فى التطور يصعب تجاوزها . لعل ذلك يكون مرحلة الانتقال إلى الحياة متعددة الخلايا . (وكما يبدو ، انبثقت الحياة البسيطة فوق كوكب الأرض على نحو سريع تماما ، فى حين أنه حتى ابسط الكائنات متعددة الخلايا قد استغرقت ما يقرب من ثلاثة بلايين عام لتظهر ، وهذه الحقيقة تطرح أنه قد تكون هناك حواجز عنيفة أمام انبثاق أى حياة معقدة) . أو أن العقبة الكبرى ربما تظهر لاحقا. وهكذا نجد أنه حتى فى المحيط الحيوى المركب لن يكون من المضمون انبثاق ذكاء على المستوى البشرى . لو كان قد حدث مثلا أن الديناصورات لم تتم إبادتها، فإن سلسلة تطور الثدييات التى أدت إلى الهوموسا بينز (الانسان العاقل) ربما كانت سيمتنع وقوعها ، ونحن لانستطيع أن نتنبأ بما إذا كان هناك نوع آخر سيأخذ دورنا. يعتبر بعض علماء التطور أن انبثاق الذكاء أمر من مصادفة ، بل وحتى مصادفة غير مرجحة . على أن هناك علماء آخرين يخالفون هذا الخط من التفكير . ومن بين أفراد هذا الفريق الأخير زميلى فى كمبردج سيمون كونواى موريس ، وهو مرجع ثقة فى التنوع الخارق للمعتاد لأشكال الحياة الكمبرية فى "بيرجس شال" بجبال روكى الكندية فى كولومبيا البريطانية . وهو متأثر بما يوجد من براهين على وقوع نقط "التقاء" فى التطور (مثال ذلك حقيقة أن الحيوانات الجرابية الأسترالية لها نظائر من الحيوانات المشيمية فوق القارات الأخرى) وهو يحاج أن هذا يكاد يضمن تقريبا انبثاق شئ ما مماثل لنا . ويكتب قائلا ، "مع كل ما فى الحياة من وفرة إلا أن هناك تأثيرا قويا من القيود ، لايقتصر على أنه يضفى صفة امكان التنبؤ بالنسبة لما نراه فوق الأرض ، وإنما يضفيها أيضا بالتضمين بالنسبة لما يوجد فى أماكن غير الأرض" .

لعل الأمر الأكثر إنذارا بالسوء ، أن من الممكن أن يكـون هنـاك عقبـة حاسمة عند مرحلتنا التطورية الحالية ، المرحلة التى تبدأ فيها الحياة الذكية فـى تنمية التكنولوجيا. وإذا كان الأمر هكذا ، فإن مستقبل تنمية الحياة سيعتمد على ما إذا كان البشر سيبقون فى الوجود بعد هذه المرحلة . وهذا لا يعنـى أن علـى الأرض أن تتجنب إحدى الكوارث ، وانما يعنى فقط أنه قبل أن يحـدث هـذا ، سيكون بعض البشر أو بعض مصنوعاتهم الراقية قد انتشرت لما بعـد كـوكبهم الوطن .

سوف تركز الأبحاث عن الحياة على الكواكب المشابهة للأرض التى تدور حول نجوم عاشت زمنا طويلا ، ولهذا التركيز أسبابه التى تبرره . إلا أن كتاب روايات الخيال العلمى يعملون على تذكيرنا بأن هناك بدائل أكثر غرابة . لعـل من الممكن أن تزدهر الحياة فوق كوكب تُفع به بقوة داخل الظلمـات المتجمـدة لفضاء ما بين النجوم ، والذى يأتى له الدفء أساسا من نشاط اشعاعى داخلـى (العملية التى تسخن من قلب كوكب الأرض) . ومن الممكن أن توجد بنى حيـة منتشرة تطفو بحرية فى سحب ما بين النجوم ؛ وستعيش مثـل هـذه الكائنـات (وتفكر إن كانت ذكية) فى حركة بطيئة ، ولكنها مع ذلك ربما ستزدهر علـى المدى البعيد من المستقبل.

لن تبقى أى حياة موجودة فوق أحد الكواكب عندما يصبح نجمه المركـزى المشابه للشمس نجما عملاقا وينفث طبقاته الخارجية . تذكرنا هذه الاعتبـارات بالوجود المؤقت للعوالم المسكونة ، كما تذكرنا أيضا بأن أية اشارة تبدو صناعية يمكن أن تأتى من كمبيوترات فائقة الذكاء (وإن لم تكـن بالضـرورة واعيـة بذاتها)، كمبيوترات شكّلها عرق من كائنات غريبة ثم انقرضت بعدها من زمـن بعيد .

الذكاء من خارج الأرض : زيارات أو إشارات ؟

لو كانت الحياة الراقية واسعة الانتشار ، لأصبح من الواجب علينا ان نواجه السؤال المشهور الذى وضعه الفيزيائى العظيم إنريكو فيرمى(*) لماذا لم يزوروا الأرض من قبل ؟ لماذا يحدث أنهم لا يحملقون فى وجوهنـا مباشـرة هـم أو مصنوعاتهم؟ تكتسب هذه الحجة وزنا أثقل عندما ندرك أن بعض النجوم أكبـر سنا من شمسنا ببلايين من السنين : ولو كانت الحياة شائعة ، فإن انبثاقها ينبغى أن يكون له "بداية مبكرة " فوق الكواكب التى تدور حول هذه النجوم العتيقـة . ربما يكون عالم الفلك فرنك تيبلر أعلى صوت يناصر فكـرة اننـا موجـودون وحدنا، وهو لا يطرح ان الغرباء عن الأرض سيكونون هم أنفسهم الذين يتنقلون بمدى من المسافات ما بين النجوم. على أنه يحاج بأنه لو أن هناك حياة لغربـاء فلابد وأن حضارة غرباء واحدة على الاقل كانت ستنشئ ماكينات تتكاثر ذاتيـا وتطلقها للفضاء . وسوف تنتشر هذه الماكينات مـن كوكـب للآخـر ، وهـى تتضاعف أثناء تنقلها ؛ وسوف تنتشر خلال المجرة على مر عشرة ملايين سنة ، وهذا زمن أقصر كثيرا من "البداية المبكرة" التى يمكن أن تحدث فى حضـارات أخرى . (سمعنا بالطبع عن جدل متكرر عن أطباق طائرة قـد زارتنـا حقـا ؛ ويزعم بعض الناس أنهم قد اختُطفوا بواسطة الغرباء. وكانت "بطاقة زيـارتهم" الأثيرة فى تسعينيات القرن العشرين نمط فى شكل "دوائر للمحصول" فى حقول الذرة ، وذلك أساسا فى جنوب انجلترا . وأنا أتفق مع معظم العلماء الذين درسوا هذه التقارير فى أنى غير مقتنع بها اطلاقا . الدعاوى الخارقة للمعتاد تحتاج لأن تدعمها براهين خارقة للمعتاد ، إلا أن البراهين مهلهلة فى كل هذه الحالات . لو كان لدى الغرباء حقا القدرة العقلية والتكنولوجيا اللازمة للوصول إلـى كوكـب

(*) فيرمى (إنريكو) (١٩٠١ - ١٩٥٤) فيزيائى أمريكى إيطالى الأصل من بين مـن أدت أبحاثهم إلى صنع القنبلة الذرية . (المترجم)

الأرض ، هل كانوا سيكتفون بمجرد نهب بضعة حقول للذرة ؟ أو هل كانوا يقنعون أنفسهم بأن يخطفوا لزمن وجيز بضع أفراد معروفين بأنهم من المهاويس؟ إن ظواهر كهذه فيها إبتذال غير مقنع بما يماثل ما كان في الرسائل التي تصل من الموتى والتي كان من المعتاد ذكر تقارير عنها عند ذروة موجة تحضير الأرواح منذ مائة سنة) .

ربما يكون في وسعنا أن نستبعد الزيارات التي يقوم بها غرباء بمقياس بشري، ولكن لو كان هناك حضارة خارج الأرض تسيطر على النانوتكنولوجيا وتنقل ذكاءها إلى الماكينات ، فإن "غزوها" لنا قد يتألف من حشد من مجسات ميكروسكوبية يمكنها أن تتجنب ملاحظتنا لها . على أنه حتى إذا لم تكن أي زيارة قد حدثت لنا مطلقا ، فإننا على الرغم من السؤال الذي وجهه فيرمي ، ينبغي ألا نستنتج أن ليس هناك وجود للغرباء . سيكون إرسال إشارة راديو أو ليزر أسهل كثيرا من اجتياز تلك المسافات الهائلة ما بين النجوم التي تجفل لها العقول . ونحن قادرون بالفعل على إرسال إشارات يمكن أن تلتقطها أي حضارة للغرباء ؛ والواقع أنهم إذا كانوا مجهزين بهوائيات راديو كبيرة ، سيتمكنون من التقاط الاشارات القوية التي تبثها الرادارات المضادة للصواريخ الباليستية ، وكذلك أيضا مخرجات أجهزة بثنا التليفزيونية عندما تتحد معا كلها .

ثمة أبحاث عن "الذكاء من خارج الأرض" (سيتي)(*) يقودها معهد "سيتي" ، في مونتين فيو بولاية كاليفورنيا ؛ وتتدعم هذه الأبحاث بهبات ضخمة يمنحها بول آلن الذي شارك في تأسيس ميكروسوفت ، هو وغيره من الرعاة من القطاع الخاص. يستطيع أي هاو يهتم بالأمر ولديه كمبيوتر منزلي أن يرحل المعلومات لكمبيوتره ويحلل امتدادا قصيرا من تيار البيانات الآتي من التليسكوب اللاسلكي للمعهد . أخذ الملايين من الأفراد على عاتقهم مهمة تنفيذ هذا العرض ، وقد حفز

(*) سيتي SETI مخصورة الكلمات الانجليزية التي تعني ذكاء من خارج الأرض . (المترجم)

كل واحد منهم الأمل فى أن يكون أول من يجد "الكائن الغريب عـن الأرض " . ويبدو من الغريب ، فى ضوء هذا الاهتمام الجماهيرى الواسـع ، ان أبحـاث "سيتى" قد عانت من أوقات عصيبة للحصول على تمويل عام ، حتى ولو علـى مستوى عائد للضريبة على فيلم واحد من أفلام الخيال العلمى . لو أننـى كنـت عالما أمريكيا يلقى بشهادته أمام الكونجرس ، سأكون عند طلبى لبضعة ملايـين من الدولارات " لسيتى" سعيدا بدرجة أكبر مما لو التمست تمويـل لعلـم اكثـر تخصصا ، بل ولتمويل مشاريع الفضاء التقليدية.

من المعقول بأكثر أن نكون مستمعين بدلا من أن نقوم بالإرسال . أى تبادل يحدث فى الاتجاهين سوف يستغرق عقودا من السنين ، وهكذا سـيكون هنـاك وقت كاف لوضع خطة لاستجابة مُقاسة . إلا أنه قد ينشأ حوار ثنائى (ديـالوج) على المدى الطويل . إقترح عالم المنطق هانز فرويد نتال لغة بأكملها للتواصل ما بين النجوم، مبينا كيف يمكن أن نبدأ بمفردات محـدودة لازمـة للمقـولات الرياضية البسيطة ، ثم تؤدى تدريجيا إلى تنامى وتنوع مجال الحديث . عنـدما تكون هناك اشارة اصطناعية واضحة ، سواء كان يُقصد بها أن تفك شفرتها أو كانت جزءا من بعض فضاء معلوماتى كونى كنا نحن نسترق السمع إليه ، فإنها ستنقل الرسالة الخطيرة بأن الذكاء ليس مما يتفرد به كوكب الأرض (وإن لم يكن بالضرورة هو الوعى) .

إذا كان هناك تطور فى كوكب آخر يشبه بأى طريقة سيناريوهات "الـذكاء الاصطناعى" التى خُمنت هنا على كوكب الأرض مـن أجـل القـرن الحـادى والعشرين، فإن أكثر شكل مرجح "للحياة" وأكثر الأشكال بقاء قد يكـون شـكل الماكينات التى يكون خالقوها قد اغتصبت منهم السلطة أو إنقرضوا منـذ زمـن طويل . سيكون نوع الذكاء الوحيد الذى يمكننا الكشف عنه هو النوع الذى يؤدى إلى تكنولوجيا يمكننا ادراكها ، والذى يمكن أن يكون جزءا صغيرا غير نمطـى

من إجمالى ذكاء خارج الأرض . ربما جمّعت بعض الامخاخ الواقع فى حزمـــة بأسلوب لا يمكننا تصوره وله ادراك للواقع مختلف تماما . ومن الممكن أن يكون هناك آخرون على غير تواصل مع الآخر: فهم يعيشون حياة متأملة ، لعلها توجد عميقا تحت بعض محيط كوكبى ، ولا يفعلون شيئا يكشف عن وجودهم . بل وقد تكون بعض "الامخاخ" الأخرى فى الواقع تجميعات من "حشرات اجتماعية " فائقة الذكاء . ولعله يوجد هناك فى الخارج أمور أكثر مما نستطيع اكتشافه بأى حال . وغياب البرهان ليس برهانا على الغياب .

نحن لا نعرف إلا القليل جدا عن طريقة بدء الحياة ، وطريقـــة تطورهـــا، بحيث لا نستطيع أن نقول ما إذا كان وجود ذكاء غريب أمر مـــرجح أو غيـــر مرجح . ومن الممكن أن الكون يعج فعلا بالحياة : وإذا كان الأمر هكذا ، فما من شئ يحدث على كوكب الأرض سيكون فيه أى فارق يهم كثيرا بالنسبة لمستقبل الحياة فى الكون على المدى البعيد . ومن الناحية الأخرى فإن انبثاق الذكاء ربما يتطلب سلسة من الأحداث غير المحتملة بدرجة أنه أمر فريد تختص به أرضنا . وهو ببساطة ليس مما يحدث فى أى مكان آخر ، ولاحتى من حول واحد لاغير من التريليون بليون من النجوم الأخرى التى تقع فى نطاق تلسيكوباتنا .

كما اننا لا نستطيع أن نقرر ما تكونه أفضل طريقة للبحث عن حياة ذكية . قد أكدتُ فى فصول سابقة على أننا لا نستطيع حتى ان نكون واثقين مما سيكونه الشكل الغالب للذكاء فوق كوكب الأرض ، حتى ولو كان ذلك بعد قرن من الآن. ترى ماذا يكون لدينا من توقع نتصور فيه ما يمكن أن يتم تولده من محيط حيوى آخر له بداية مبكرة عنا ببليون سنة ؟ ان ما نعرفه قليل للغاية بحيث لانســـتطيع إرساء احتمالات يوثق بها عما يمكن ان يكون موجودا ، أو كيف يمكن له اظهار نفسه ، وإذا ما كان ينبغى علينا أن نبحث عما هو شـــاذ مـــن بـــث للراديـــو،

وومضات ضوئية ، أو بصورة مطلقة أى نوع من إشارة تكون لـدينا الأجهـزة للكشف عنه .

على نحو ما ، سنجد أنه مما يخيب الآمال أن يكـون مـن المحـتم فشـل الأبحاث عن وجود ذكاء لغرباء . ومن الناحية الأخرى فإن هذا الفشل سـيعزز من تقديرنا لذاتنا كونيا : إذا كان كوكبنا الأرضى الضئيل هو المثـوى الوحيـد للذكاء ، فإن فى وسعنا أن ننظر إليه بمنظور أقل تواضعا مما يستحقه لو كانـت مجرتنا بالفعل تعج بحياة معقدة .

- ١٣ -
ما بعد كوكب الأرض

لو حدث وانتشر خلال المنظومة الشمسية روبوتات تعمل كمجسات وصناع ، هل سيتبعهم أى من البشر؟ سنجد أن هناك مجتمعات بعيدة عن كوكب الأرض يتم إرساؤها (إن كان سيحدث أى من ذلك) بواسطة رواد فرديين ذوى نزعة مغامرة . مشروع السفر إلى ما بعد المنظومة الشمسية هو توقع بعيد تماما لما هو بعد البشرية.

إحدى الصور الأيقونية لستينيات القرن العشرين هى أول صورة فوتوغرافيه التقطت من الفضاء ويظهر فيها كوكبنا الأرضى الكروى . يقترح جوناثان شيل أن هذه الصورة ينبغى أن تُستكمل بصورة أخرى ، تركز على كوكبنا ولكنها تمتد فى الزمان بدلا من المكان : "المشهد الذى له اهميته حقا هو مشهد من كوكب الأرض، من داخل الحياة ... ومن حيث وجهة النظر الافضل أرضيا يتفتح لنا مشهد آخر – مشهد هو حتى أطول من ذلك الذى التقط من الفضاء . إنه مشهد أطفالنا وأحفادنا، وكل أجيال مستقبل البشرية ، وقد امتد أمامنا فى المستقبل ... والتفكير فى قطع تدفق الحياة ، وفى بتر المستقبل لهو تفكير يثير صدمة بالغة وتفكير جد غريب عن الطبيعة، وجد متناقض مع نبض الحياة لدرجة أننا ما إن يخطر ذلك على بالنا حتى نتحول عنه فى اشمئزاز وعدم إيمان " .

هل الأمر يستحق أن نتخذ الاحتياطات اللازمة التى تضمن أنه مهما كان ما قد يحدث ، فسيظل بعض شئ من البشرية باقيا فى الوجود ؟ . يهتم معظمنا بشأن المستقبل ، ليس فحسب لاهتمامنا الشخصى بالأطفال والأحفاد ، ولكن لأن

كل مجهوداتنا ستصبح بلا قيمة إن لم تكن جزءا من عملية مستمرة، وإن لم يترتب عليها نتائج لها صداها فى المستقبل البعيد .

سيكون من السخف أن نزعم أن الهجرة إلى الفضاء فيها الإجابة عن مشكلة السكان ، وأن نزعم أن ما يزيد عن جزء ضئيل من أولئك الذين يسكنون على كوكب الأرض سوف يتركونه هم أنفسهم بأى حال . لو حدث أن وقعت بعض كارثة تقلص البشرية إلى عدد من السكان أصغر كثيرا ، يعيشون فى ظروف بدائية ، فى أرض قاحلة مدمرة ، فإن الباقين فى الوجود سيجدون مع ذلك أن بيئة كوكب الأرض هى الأكثر حفاوة عن بيئة أى كوكب آخر . وعلى الرغم من ذلك ، إلا أنه لو وجدت حتى مجموعات معدودة من الرواد الذين يعيشون مستقلين عن كوكب الأرض ، سيكون فى هذا ما يطرح بعض وقاية ضد أسوأ كارثة محتملة – توقف مستقبل الحياة الذكية بواسطة انقراض البشر كلهم .

هناك دائما نسبة احتمال خطر طفيفة لوقوع كارثة كوكبية نتيجة سبب "طبيعى"، وتتعزز هذه النسبة إلى حد كبير بالمخاطر التى أخذت تتبع من تكنولوجيا القرن الحادى والعشرين . ستظل البشرية مستهدفة للخطر طالما تبقى مقيدة هنا على كوكب الأرض . هل الأمر يستحق ، حسب مغزى رهان باسكال، أن نتخذ إجراءات تؤمننا ليس فحسب ضد الكوارث الطبيعية وانما تؤمننا أيضا ضد ما يحتمل من مخاطر أكبر كثيرا (ولاريب فى أنها تتنامى) من الكوارث التى يحدثها الانسان والتى ناقشناها فى فصول سابقة ؟ ما ان توجد مجتمعات مكتفية ذاتيا وبعيدا عن كوكب الأرض – فوق القمر ، أو المريخ ، أو تسبح بحرية فى الفضاء – ما إن يحدث ذلك حتى يصبح نوعنا البشرى غير مستهدف حتى لأسوأ الكوارث الكوكبية.

إلى أى حد إذن سيكون من الملائم إرساء موطن بيئى مستدام فى مكان آخر من المنظومة الشمسية ؟ كم سيمر من الوقت حتي يعود الناس إلى القمر ، وربما يستكشفون أيضا المزيد مما هو أبعد مجالا ؟

هل سيحدث إحياء لطيران البشر فى الفضاء ؟

يستطيع الآن من بلغوا منا منتصف العمر أن يتذكروا صــور التليفزيــون الحية المضببة لنيل أرمسترونج وهو يخطو "خطوة واحدة صــغيرة"(*) . أعلــن الرئيس كنيدى فى ستينيات القرن العشرين برنامجه " لإنزال رجل فوق القمــر قبل نهاية العقد، والعودة به سالما إلى كوكب الأرض" وقد نقل هــذا البرنــامج الطيران فى الفضاء من وهم صور الاعلان على علب حبوب الافطار إلى دنيــا الواقع . وبدا أن هذه مجرد بداية . وتخيلنا أن ستحدث مشاريع للمتابعة : بنــاء "قاعدة قمرية" دائمة ، بما يشبه القاعدة الموجودة فى القطب الجنوبى ؛ أو حتــى بناء "فنادق فضاء" ضخمة تدور حول كوكب الأرض . وبدا مــن الطبيعــى أن تكون الخطوة التالية هى ارسال بعثات بشرية إلى المريخ . إلا أن أيا من هذا لم يحدث . ولم يكن فى سنة ٢٠٠١ أى شبيه لما تصوره أرثر سى . كلارك ، ليس بأكثر مما كانت سنة ١٩٨٤ تشبه ما تصوره كاتب الرواية أورويل (وذلك لحسن الحظ) .

هكذا فإن برنامج أبوللو للهبوط على القمر بدلا من أن يكون البشير الــذى يستثير إقامة برنامج لطيران البشر فى الفضاء يظل مستمرا ويتزايد دائمــا فــى طموحه، بدلا من ذلك اصبح هذا البرنامج مجرد حــدث مؤقــت كــان الــدافع الأساسى له هو الحفز على "هزيمة الروس " .

حدث آخر إنزال على القمر فى ١٩٧٢ . لايوجد أحد ممن يقــل عمــرهم كثيرا عن الخامسة والثلاثين يستطيع أن يتذكر متى مشى البشر فوق القمر . يُعد برنامج أبوللو بالنسبة للأفراد صغار السن حدثا تاريخيا بعيدا : وهم يعرفون أن

(*) المؤلف هنا يستشهد بأول ما قاله أرمسترونج عندما خطا فوق القمر ، "هذه خطوة واحدة صغيرة فوق القمر ، ولكنها خطوة كبيرة للبشرية .(المترجم)

الأمريكيين أنزلوا بشرا فوق القمر ، تماما مثل ما يعرفون أن المصريين قد بنوا الأهرامات ؛ إلا أن الدوافع لذلك تبدو عجيبة فى هذه الحالة مثلما تبدو فى الأخرى . ظهر فى ١٩٩٥ فيلم "ابوللو ١٣" وهو فيلم دراما وثائقية بطله توم هانكس ، ويدور حول شبه الكارثة التى حلت بجيمس لوفيل وفريقه فى رحلة حول القمر ، وقد كان هذا الفيلم بالنسبة الى (وأظنه أيضا بالنسبة لكثيرين من الآخرين الذين يماثلوننى عمرا) عملا مثيرا للذكريات العاطفية لحدث تابعناه بقلق وقتذاك . أما بالنسبة للمتفرجين صغار السن فستبدو لهم الأجهزة التى عفا زمنها هى وقيم "المعرفة الأساسية" التقليدية امورا عتيقة تشبه فى قدمها أفلام "الغرب" التقليدية .

من الوجهة العملية فإن قضية طيران البشر فى الفضاء لم تكن قط قضية قوية ، وهى قضية ينالها الضعف دائما مع كل خطوة تقدم فى الروبوتيات والتصغير المنمنم . تتزايد السرعة التى يندفع بها قدما استخدام الفضاء للاتصالات ، وعلم الارصاد الجوية ، والملاحة ، وذلك فى استفادة من أوجه التقدم التكنيكى نفسها التى أعطتنا هنا على كوكب الأرض الهواتف المحمولة ، وكمبيوترات الحجر ذات الأداء الراقى . نستطيع على نحو أفضل (وأرخص كثيرا) أن ننفذ بواسطة مجسات بغير بشر عمليات استكشاف الفضاء للأغراض العلمية . بعد خمسة وعشرين عاما من الآن سوف تنتشر خلال المنظومة الشمسية أعداد هائلة من مجسات روبوتية منمنمة - "ماكينات ذكية " - لتعيد لنا إرسال صور الكواكب ، والأقمار ، والمذنبات ، والكويكبات ، كاشفة لنا عما صنعت منه كل هذه الأجرام ، وربما ستنشئ أيضا مصنوعات من المواد الخام التى ستجدها فى هذه الاجرام . ربما ستكون هناك على المدى الطويل فوائد اقتصادية من الفضاء ، ولكنها فوائد يجرى تنفيذها بواسطة صناع روبوتيين وليس بواسطة البشر .

ولكن ما هو المستقبل بالنسبة لطيران البشر فى الفضاء ؟ فـــى تســـعينيات القرن العشرين أنفق رواد الفضاء الروس شهورا ، بل وسنوات ، وهم يدورون حول كوكب الأرض فى محطة الفضاء "مير" التى كانت تتزايد شيخوخة . بعد أن تجاوزت مير بكثير عمرها المفترض عند تصميمها، أنهت مهمتها فى ٢٠٠١ بسقوطها النهائى إلى المحيط الهادى . أما خليفتها "محطة الفضـــاء الدوليـــة" ، فستكون الأغلى تكلفة من كل ما سبق قط انشاؤه مـــن المصـــنوعات ، ولكنهـــا ستكون كلعبة بلا فائدة فى السماء. بل وحتى لو تم بناؤها ، وهذا أمر يبدو غير أكيد ، فإنها باعتبار تكاليفها الهائلة التى تتزايد أبدا ، وباعتبار التأخيرات الطويلة زمنيا ، لن تستطيع أن تنفذ أى شئ يبرر بطاقة ثمنها . هكذا نجد بعـــد مـــرور ثلاثين عاما من الخطوات التى مشاها البشر فوق القمر ، أن هناك جيلا جديـــدا من رواد الفضاء يدورون ويدورون حول كوكب الأرض، فـــى محطـــة تـــوفر وسائل راحة اكثر مما وفرته "مير" ، ولكنها أغلى كثيرا . وقت كتابتى لهـــذا ، خفض عدد رواد الفضاء على متن المحطة إلى ثلاثة ، وذلـــك لأســـباب أمنيـــة ومالية : وهؤلاء سيكونون مشغولين بمهام من "التدبير المنزلى" ، الأمـــر الـــذى سيؤدى حتى إلى أن يقل الاحتمال بأن أيا ممن على متن المحطة سوف يتابع أى مشروع جدى أو مثير للاهتمام. والواقع أن إجراء أى بحث علمى مـــن فـــوق "محطة الفضاء الدولية " سيكون بوضع أقل من الأمثل ، بما يشـــبه أن نجـــرى أبحاثا فلكية على الأرض من فوق أحد القوارب . بل ونجد أن المجتمع العلمـــى حتى فى الولايات المتحدة يعارض بقوة "محطة الفضاء الدولية " ولم يتوقف عن حملته ضدها إلا عندما أصبح من غير الممكن إيقاف قوى الدفع السياسية . ومن المؤسف أن أحدا لم يستمع لما قالوه : إنه لفشـــل سياسى فيه تبديد للمال عنـــدما لا يكون فى الامكان توجيه الأموال الحكومية فى قنوات للإنفـــاق عنـــد نفـــس شركات طيران الفضاء ، ويكون ذلك فى مشاريع بديلة تكون إما مفيدة أو مثيرة للالهام . ومحطة الفضاء الدولية ليس فيها أيا من هذين .

يوجد سبب واحد لا غير للموافقة على محطة الفضاء الدولية : وهو إنه إذا كان المرء يعتقد أن السفر فى الفضاء سيصبح أمرا روتينيا ، فإن هذا البرنـــامج المستمر يضمن عدم تبديد خبرة الأربعين عاما الماضية التى اكتسبتها الولايـــات المتحدة و روسيا فى طيران البشر فى الفضاء .

إعادة إحياء طيران البشر فى الفضاء عليها أن تنتظر حدوث تغيرات فـــى التكنولوجيا – بل وربما إلى حد أكبر – أن تنتظر أيضا حدوث تغيـــرات فـــى الأســـلوب. تكنيكات عمليات الإطلاق الحالية باهظة التكاليف مثلها فى ذلك مثل ما ستكون عليه تكفلة الطيران فى الهواء لو كان علينا إعادة بناء الطائرة بعد كل طيران . لن يكون الطيران فى الفضاء مما يمكن تحمل تكلفته إلا عندما تـــزداد تكنولوجيته اقترابا من تكنولوجيا الطيران بسرعة تفوق الصوت. وربما ستصبح وقتذاك رحلات السياحة فى مدار فضائى رحلات روتينية . أنفق بالفعل دنـــيس تيتو رجل المال الأمريكى ، هو ومارك شاتلورث قطب المبرمجـــات بجنـــوب أفريقيا ، عشرين مليون دولارا مقابل أسبوع فى محطة الفضاء الدولية . وهناك طابور انتظار من أفراد آخرين يرغبون فى أن يتبعوا منوال هـــؤلاء "الســـياح الفضائيين" حتى ولو بهذا الثمن ؛ وسيكون هناك أفراد أكثر كثيرا لـــو صـــارت التذكرة أرخص .

والواقع أن أفراد القطاع الخاص لن يقيدوا أنفسهم علـــى المـــدى الطويـــل بالاقتصار على أداء دور المسافرين الذين يدورون حول كوكـــب الأرض فـــى سلبية. عندما يهون شان هذا النوع من المغامرات ، وتبـــدو كـــأمور مروَّضـــة وروتينية إلى حد بالغ ، سوف يتوق البعض إلى الذهاب إلى مدى أبعد . ســـنجد ان من الممكن أن يتم تمويل بعثات فى أعماق الفضاء بقيادة البشر تمويلا كاملا بواسطة أفراد من القطاع الخاص أو بواسطة اتحادات مالية ، وربما يصبح ذلك فى الواقع داخل دائرة الاختصاص للمغامرين الاثرياء الذين يتم اعدادهم ، مثـــل طيارى الاختبار أو مستكشفى قارة القطب الجنوبى ، بحيث يتقبلـــون التعـــرض

لاحتمالات خطر كبيرة من أجل أن يستكشفوا أبعد الجبهات المتقدمة ويمارسوا نشوة مغامرات تتجاوز تلك التى يوفرها السفر باليخوت الكبيرة أو الطواف بالبالون حول العالم . كان مشروع أبوللو مشروعا شبه عسكرى تموله الحكومة؛ أما حملات الاستكشاف فى المستقبل فيمكن أن تكون بأسلوب مختلف تماما . إذا حدث والتمس بليونيرات التكنولوجيا الفائقة مثل بيل جيتس أو لارى إليسون ، أن يواجهوا التحديات حتى يتجنبوا أن تبدو سنوات حياتهم اللاحقة وكأنها فترة انحدار ، فإنهم يستطيعون عندها أن يكونوا الرعاة لإنشاء أول قاعدة فى القمر أو ان يكونوا حتى الرعاة لبعثة للمريخ .

الطريق « الرخيص » إلى المريخ

لو أننا بدأنا استكشاف المريخ فى المستقبل القريب ، فلعل ذلك سيتم حسب الخطة التى اتخذها روبرت زوبرين أحد المهندسين الأمريكيين الخوارج . عندما صدر عن ناسا تلك المزاعم المحبطة التى ترى أن بعثة الاستكشاف ستتكلف مايزيد على مائة بليون دولار ، طرح زوبرين فى رد عليها ، استراتيجية منخفضة الثمن للاتجاه "الى المريخ مباشرة" فى مسار يجرى متجاوزا " محطة الفضاء الدولية" . وهو يهدف هكذا إلى تجنب إحدى المشاكل الرئيسية فى الخطط الأسبق : الحاجة إلى أن نحمل معنا فى رحلة الانطلاق للخارج كل الوقود اللازم لرحلة العودة . عرض زوبرين فى كتابه "قضية المريخ" اقتراحه الذى يتضمن أن نرسل أولا إلى المريخ مباشرة مجسا غير بشرى سوف يقوم بتصنيع الوقود لرحلة العودة . سيحمل المجس مصنعا للمعالجة الكيماوية ، مفاعلا نوويا صغيرا ، وصاروخا له القدرة على أن يعود معه بأول مجموعة من المستكشفين . لن يكون هذا الصاروخ مزودا بالوقود تزويدا كاملا : سيتم ملأ خزانات وقوده بالهيدروجين النقى . وبعدها فإن المفاعل النووى (الذى يشده جرّار صغير يكون أيضا جزءا من أول حمولة صافية) سوف يولد الطاقة من اجل المصنع الكيميائى ، الذى سيستخدم الهيدروجين لتحويل ثانى أكسيد الكربون

الآتى من جو المريخ إلى ميثان وماء . سيتم بعدها تحليل المياه ، ويخزَّن الاوكسجين ، بينما يعاد تدوير الهيدروجين لصنع مزيد من الميثان . وعندها سيصبح وقود صاروخ العودة هو الميثان والاوكسجين . ستتيح ستة أطنان من الهيدروجين صنع مائة طن من الميثان ، وهذا يكفى لأن يزود بالوقود صاروخ عودة رواد الفضاء. (لاريب أنه لو أمكن استخلاص المياه من الجمد السرمدى ، إذا لم يكن غائر العمق تحت السطح ، فان جزءا من هذه العملية سيمكن تجاوزه).

سوف تُطلَق سفينتا فضاء ثانية وثالثة بعد مرور سنتين . ستحمل احداهما شحنة تماثل شحنة المركبة الأولى ، بينما ستحوى اخرى ملاحى الفضاء ومعهم مواد مئونة كافية للإقامة فوق المريخ لما يصل إلى عامين . ستنطلق السفينة التى تحمل البشر فى مسار أسرع من سفينة شحن البضاعة . ويعنى هذا أنه لا حاجة لاطلاق طاقم الملاحين حتى (وإلا عندما) تصبح الشحنة فى طريقها بأمان، على أنهم مع ذلك يمكنهم الوصول إلى المريخ قبل وصول الشحنة . وإذا حدث بسبب بعض الحظ العاثر أن أُنزل الرواد البشر بعيدا عن المكان المقصود (الذى كان محددا كأول مكان لتجهيز الشحنة) سيكون هناك مع ذلك وقت كاف لتحويل سفينة الشحن الثانية إلى المكان الاصلى للانزال ، بحيث أنه أيا كان مكان إنزال طاقم الملاحين سيكون لديهم مواد امدادهم . ما إن يتم انجاز هذه المهمة لاستكشاف الطريق حتى يمكن بعدها تنفيذ رحلة أو رحلتين للمتابعة كل سنتين ، حتى يتم تدريجيا إقامة البنية التحتية .

هل سيريد أى فرد أن يرحل إلى هناك ؟ قد نجد هنا ما يوازى ما حدث فى الاستكشافات الأرضية ، التى دفعت اليها دوافع مختلفة . عندما انطلق المستكشفون من أوروبا فى القرنين الخامس والسادس عشر كان تمويلهم أساسا بواسطة الملوك ، الذين أملوا فى أن ينالوا تعويضهم من السلع الغريبة المجلوبة أو من استعمار مناطق من أراضى جديدة . بينما نال بعض المستكشفين تمويلهم

من المال العام ، كما حدث مثلا مع كابتن كوك فى حملاته الاستكشافية الثلاث فى القرن الثامن عشر فى البحار الجنوبية ، وكان هذا التمويل فى جزء منه على الأقل تمويلا لمشروع علمى . أما بالنسبة لبعض المستكشفين القدامى - الذين كانوا عموما أكثر المستكشفين كلهم فى الاندفاع بلا تروى - فقد كانت مشروعاتهم أساسا للتحدى والمغامرة : وهذا هو الدافع فى أيامنا هذه لمتسلقى الجبال وللبحارة الذين يلفون حول العالم .

من الممكن أن يكون أى من هذه الدوافع هو ما يحفز أول المسافرين إلى المريخ ، أو أول من سيقيمون لمدى زمنى طويل فى إحدى القواعد القمرية . ستكون احتمالات الخطر كبيرة ؛ إلا أننا سنجد فى الحقيقة أنه لن يوجد مسافرو فضاء يغامرون فى المجهول بالمدى الذى كان يغامر به الملاحون الأرضيون العظام. كان هؤلاء المسافرين الأوائل عبر المحيط ليس لديهم من المعرفة المسبقة لما قد يلقونه إلا ما هو أقل كثيرا ، ومات الكثيرون منهم أثناء مشروعاتهم . كذلك فإن أيا من مسافرى الفضاء لن ينقطع اتصاله بالبشر . يقر الجميع بأنه ستكون هناك دورة من الثلاثين دقيقة لوصول الرسائل من و إلى المريخ . أما بالنسبة للمستكشفين التقليديين فكان الأمر يتطلب شهورا لإرسال الرسائل إلى الوطن ؛ وكان بعضهم - ومن بينهم كابتن سكوت وغيره من رواد القطب - ليس لديهم مطلقا أى اتصال من هذا النوع .

تتفاوت احتمالات الرهان كثيرا بالنسبة لفتح عوالم جديدة . وفيما يبدو فإننا نعتبر أن من الأمور البديهية انه ينبغى أن يعود الجميع إلى الأرض . إلا أن من الممكن أن نجد أن الرواد الأكثر تصميما سيكونون على استعداد لتقبل أنه لن تكون هناك أى عودة لهم - الأمر الذى فعله أوربيون كثيرون بإرادتهم عندما انطلقوا إلى "العالم الجديد" . ربما سنجد أن هناك الكثيرين ممن سيضحون بأنفسهم فى سبيل قضية تاريخية ومجيدة ؛ وهم عند رفضهم لأى خيار للعودة للوطن سوف يخفضون كثيرا من التكاليف حيث لن تكون هناك حاجة لحمل

مايلزم لرحلة العودة من أغلفة الصواريخ والهيدروجين . ستتنامى القاعدة المريخية بمعدل أسرع عندما يكون مُنشئوها راضين بتذاكر رحلة في اتجاه واحد.

كثيرا ما يحدث أن المستقبليين ومتحمسى الفضاء يلحون على أن "الانسانية" أو "الأمة" ينبغى أن تختار أن تؤدى شيئا . والواقع أن استكشاف الفضاء بدأ كمشروع شبه عسكرى تموله الحكومات . ولكن هذا الاتجاه لايلائم استثمارات البشر للفضاء فى القرن الحادى والعشرين . لم تبدأ معظم الابتكارات والانجازات العظيمة بسبب أنها كانت من الأهداف القومية ، وأقل من ذلك أن تكون بسبب انها من أهداف الانسانية ، وانما بدأت بسبب دافع اقتصادى أو ببساطة بسبب فكرة تستحوذ على شخص .

سيصبح مشروعنا أقل تكلفة بكثير وأقل خطرا عندما تكون نظم الدفع أكثر كفاءة. تتطلب هذه النظم حاليا أطنانا عديدة من الوقود الكيميائى لدفع طن من الحمولة الصافية بعيدا عن قبضة الجاذبية الأرضية . السبب الرئيسى فى صعوبة السفر فى الفضاء هو أنه ينبغى التخطيط لمساره بدقة عالية حتى نقلل إلى أدنى حد من استهلاك الوقود . ولكن عندما يكون هناك مثلا زيادة من عشرة أمثال فى قوة الدفع لكل كيلوجرام من الوقود ، سيكون من المستطاع إجراء تعديلات فى منتصف المسار كلما كان ذلك ضروريا ، وهذا يماثل تماما ما نفعله عندما نقود سيارة خلال طريق متعرج. سيكون إبقاء السيارة فوق الطريق مشروعا يتطلب دقة عالية إذا كان علينا عمل برنامج للرحلة فى وقت مسبق ، دون فرصة للتعديل أثناء المسار . لو كان فى استطاعتنا أن نكون مسرفين فى الطاقة والوقود، سيصبح السفر فى الفضاء عندها ما يكاد يكون ممارسة لا تتطلب مهارة. فرؤيتنا واضحة لمحطة الوصول (القمر ، أو المريخ ، أو أحد الكويكبات). ولن يكون علينا إلا أن نوجه السفينة تجاهها وأن نستخدم قوة نفث كابحة لاحداث كبح بالقدر المناسب عند نهاية الرحلة.

نحن لا نعرف بعد ما هو نوع نظم الدفع الجديدة التى سيثبت أنها الواعـدة باكثر: لدينا الطاقة الشمسية والنووية كخيارين واضحين قريبين مـن التنفيـذ . سيكون من الأمور المفيدة فائدة عظيمة أن يتحدد موقع على الأرض لنظام الدفع والوقود اللازمين للإفلات من جاذبية الأرض بدلا من أن يلزم أن يكونا جـزءا من الشحنة . أحد الاحتمالات بالنسبة لذلك هو إنشاء محطات ليزر ذات قوة هائلة فى قاعدة أرضية. وهناك احتمال آخر بانشاء مصعد فضائى ، سلك مصنوع من الياف كربون يمتد لأكثر من خمسة وعشرين ألف كيلو متر عاليا فـى الفضـاء ويبقى مرتفعا بواسطة قمر صناعى فى موضع ثابت بالنسبة للأرض. (الأنابيب النانوية المصنوعة من الكربون لها قوة مقاومة للشد عالية بما يفى بالغرض . تم بالفعل صنع خيوط "غزل" رفيعة جدا من الكربون يصل طولهـا إلـى ثلاثـين سنتيمترا ؛ والتحدى الذى يواجهنا هو تصنيع أنابيب بطول هائـل ، أو ابتكـار تكنيكات لنسج الكثير منها فى سلك طويل جدا يحتفظ بقوة الألياف المنفصـلة) . سيتيح هذا "المصعد" الارتفاع بالحمولة الصافية والمسافرين بعيدا عـن قبضـة جاذبية كوكب الأرض بواسطة طاقة مستمدة من الأرض . سنتمكن من تـوفير الطاقة لباقى الرحلة بواسطة صاروخ له قوة دفع صغيرة (ربما يكون صـاروخا نوويا) .

قبل أن يقوم البشر بمغامرتهم فى أعماق الفضاء ، سيلزم رسم خريطة لكل المنظومة الشمسية وسبرها بواسطة اساطيل من سفن روبوتية دقيقة ، تتحكم فيها أجهزة "معالجة" تتزايد أبدا فى قوتها ونمنمتها ، وتوفرها لنـا النانوتكنولوجيـا . إرسال بعثة بشرية للمريخ يجب أن يسبقه ارسال شحنات مـن المـؤن حسـب تصور زوبرين، وربما أيضا إرسال بذور نباتات صممت لأن تزدهر وتتكـاثر فوق الكوكب الأحمر. يتصور فريمان ديسون "أشجارا مصممة" مهندسة وراثيـا وتستطيع أن تنمّى من حولها هى نفسها غشاءا شفافا يقوم بوظيفة بيت النباتـات الزجاجى (الصوبة) .

طُرح استخدام وسائل من القوة الغاشمة لإيجاد "تغطية بالتربة" فوق كل سطح المريخ لجعله أكثر قابلية للسكنى ... من الممكن تدفئة المريخ بحقن غازات بيت النباتات الزجاجي فى جوه البالغ الرقة ، أو بوضع مرايا هائلة فى مدار حوله لتوجيه مزيد من ضوء الشمس إلى قطبيه ، أو حتى بأن نغطى المسالك على سطح المريخ ببعض شئ أسود ليمتص ضوء الشمس – كالسناج أو مسحوق الأسفلت . تغطية المريخ بالتربة ستستغرق قرونا ؛ إلا أنه سيكون من المستطاع أن نرى خلال قرن واحد وجودا دائما لأفراد فوق قواعد محلية . ما إن توجد البنية التحتية هناك ، حتى تصبح الرحلات فى الاتجاهين أقل تكلفة ومن الممكن أن تكون أكثر تكررا .

ربما سنجد أن ثمة قضايا من أخلاقيات البيئة ستنطلق محمومة . هل استغلال المريخ يعد أمرا مقبولا كما حدث عندما تقدم الرواد المستعمرون غربا عبر الولايات المتحدة (مع ما ترتب على ذلك من نتائج مأساوية بالنسبة للأمريكيين المحليين)؟ أو أنه ينبغى الاحتفاظ بالمريخ كبريّة طبيعية ، مثل قارة القطب الجنوبى ؟ ينبغى أن تعتمد الإجابة ، فيما أعتقد ، على ما تكونه بالفعل الحالة الأصلية للمريخ . لو كان هناك أى حياة فيه من قبل – خاصة إذا كان لهذه الحياة نوع مختلف من دنا يُثبت وجود اصول حياة مختلفة تماما عن أى حياة على كوكب الأرض – سنجد عندها انتشارا لآراء تجهر بأنه ينبغى الحفاظ على المريخ دون أى تلوث بقدر الامكان . سيعتمد ما سيحدث بالفعل على خصائص البعثات الأولى . إذا كانت هذه البعثات حكومية (أو دولية) ، فربما يكون من الملائم عندها ممارسة أسلوب فيه قيود مثل ما حدث فى القطب الجنوبى . ومن الناحية الأخرى ، إذا كان المستشكفون من المغامرين المموّلين من القطاع الخاص ولديهم نزعات المشروع الحر (أوحتى الفوضوى)، سيكون من المرجح بأكثر أن يسود نموذج الغرب الوحشى سواء أحببنا ذلك أو لم نحببه .

التوغل لا عمق فى الفضاء

لن يبقى التركيز مقتصرا على القمر والمريخ . من الممكن أن يحدث فى النهاية أن تنتشر الحياة وتتنوع بين المذنبات والكويكبات ، بل وحتى فى المناطق الخارجية البعيدة من المنظومة الشمسية : ذلك العدد الهائل من الأجرام الصغيرة فى المنظومة الشمسية ، الذى له فى مجمله سطح قابل للسكنى أكبر كثيرا من الكواكب.

سيكون أحد البدائل أن ننشئ موطنا بيئيا اصطناعيا يسبح حرا فى الفضاء. دُرس هذا الخيار فى الماضى فى سبعينيات القرن العشرين بواسطة جيرارد أونيل ، وهو أستاذ هندسة فى جامعة برنستون . وقد تصور سفينة فضاء فى شكل أسطوانة واسعة ، تلف بطيئا حول محورها . سيعيش شاغلوها فوق الداخل من جدرانها ، وقد ثُبتوا عليها بواسطة الجاذبية الاصطناعية التى يولدها لف الأسطوانة . ستكون الأسطوانات كبيرة بما يكفى لان يكون لها جو ، بل وربما حتى سحب وأمطار ، ويمكنها أن تتسع لإيواء عشرات الألوف فى بيئة تشبه ضاحية مورقة فى كاليفورنيا، حسب الرسوم التخطيطية لأونيل التى ربما تكون مفعمة بالخيال . ستكون مادة بناء هذه البنى العملاقة مما يجب استخراجه "بالتعدين" من القمر أو الكويكبات . أوضح أونيل وجهة النظر الصحيحة بانه عندما تصبح المشاريع الهندسية الروبوتية ذات المقاييس الكبيرة مشاريعا يمكن تنفيذها فى الفضاء ، باستخدام مواد خام لايلزم رفعها من الأرض، سيصبح من العملى عندها بناء منصات فضاء اصطناعية بمقاييس واسعة جدا.

ربما ستصبح سيناريوهات أونيل المتخصصة متاحة عمليا من الناحية التكنيكية ، ولكنها ستبقى كأمر غير محتمل اجتماعيا . عند انشاء بنية واحدة هشة تحوى عشرات الآلاف من الأفراد ستكون هذه البنية بالنسبة لتنفيذ فعل تخريبى واحد مستهدفة بدرجة أكبر من استهداف المجتمعات المتكاملة بأسفل على كوكب

الأرض . وعندما يكون هناك مجموعة من مواطِن بيئية صغيرة أكثــر تبعثــرا على مسافات أكبر فإن هذا سيطرح فرصا أقوى للبقاء والتنامى .

ربما سيصبح ممكنا فى النصف الثانى من القرن الحادى والعشرين وجــود مئات من الأفراد فى قواعد على القمر ، تماما مثلما يوجــد الآن فــى القطــب الجنوبى ؛ وسنجد أن هناك بعض الرواد الذين يمكنهم أن يعيشوا بالفعل علــى المريخ ، أو انهم بخلاف ذلك سيعيشون على مواطن بيئية اصطناعية صــغيرة تجوب المنظومة الشمسية، وقد الحقوا أنفسهم بكويكبات أو مــذنبات . ســيحدث أيضا أن تنتشر فى الفضاء الروبوتات و "الصناع" الأذكياء، الــذين يســتخدمون موادا خام تستخرج بالتعدين من الكويكبات لانشاء بنى يتزايد امتــداد مقاييســها أبدا. لست أدافع بوجه خاص عن هذه الانشاءات ، ولكنها مع ذلك تبدو معقولة ، سواء تكنيكيا أو اجتماعيا .

المستقبل البعيد

لازال أمامنا لزمن أبعد فى قرون المستقبل ، الإمكان لأن تغزو الروبوتات هى والصناع المنظومة الشمسية بأسرها . وسيكون من الأصعب أن نتنبأ بما إذا كان البشر سوف يشاركون هم أنفسهم فى هذا الشتات . لو أنهم فعلــوا ذلــك ، ستنشأ المجتمعات بطريقة تجعلهم فى النهاية مستقلين تماما عن كوكب الأرض . وحيث أنهم لن يكونوا مكبوحين بأى قيود فإن البعض منهم سوف يستغل بكــل تأكيد كل مدى التكنيكات الوراثية ليتفرعوا إلى نوع جديد. (إذا كان هنــاك قيــد بسبب نقص التنوع الوراثى فى المجموعات الصغيرة فإنه يمكن التغلــب عليــه بإحداث تباينات اصطناعية فى الجينوم) . سيؤدى وجود ظروف فيزيقية متنوعة – تختلف تماما على المريخ ، وفى حزام الكويكبات ، وفى تلك المناطق القصية البعد والأشد بردا فى المنظومة الشمسية – سيؤدى إلى إعطاء دفعة مجددة للتنوع البيولوجى .

على الرغم من وجود رأى مضاد يُعبر عنه كثيرا ، إلا أن تكلفة الانفاق على الفضاء لاتطرح إلا أقل التوقعات لحل مشاكل الموارد أو مشاكل السكان على كوكب الأرض : فهذه أمور يجب أن تسوى هنا بأسفل ، إلا إذا جُعلت هذه المشاكل أمرا تافها نتيجة احدى النكسات الكارثية التى قد تحل بالحضارة الارضية كما حدسنا فى فصول سابقة . قد يحدث فى النهاية أن يتنامى السكان فى الفضاء تناميا أسّيا ، إلا أن هذا سيكون بسبب نموهم ذاتيا ، بأولى من أن يكون بسبب "الهجرة" من كوكب الأرض. سيكون لخياراتهم بعدها نتائج تاريخية جديدة . عندما يتم اجتياز العتبة الفاصلة إلى حيث يوجد مستوى من الحياة فى الفضاء مستدام بذاته ، سيصبح عندها مستقبل الحياة على المدى الطويل مستقبلا آمنا بصرف النظر عن أى مخاطر على كوكب الأرض (وذلك باستثناء وحيد هو وقوع دمار كارثى للفضاء نفسه) . هل سيحدث هذا قبل أن تتفسخ حضارتنا التكنيكية ، مخلفة الأمر على انه حدث كان فى الامكان ؟ هل سوف تتأسس مجتمعات الفضاء المستدامة ذاتيا قبل أن تؤدى كارثة إلى نكسة بالنسبة لتوقع أى مشروع من هذا النوع ، وربما بما يمنعه للأبد ؟ نحن نعيش ما يمكن أن يكون لحظة تحديد فاصلة للكون وليس لكوكبنا الأرضى وحده .

الكائنات التى سوف تتمكن خلال مئات معدودة من السنوات ، من شغل مواقع فى منظومتنا الشمسية ستكون كلها مما يمكن إدراكها كشبيهة للانسان ، وإن كانت ستتكامل معها روبوتات لها ذكاء بشرى (ومن المحتمل أن يحدث فى المواقع الأشد قسوة على الانسان أن تتفوق أعداد هذه الروبوتات تفوقا هائلا على هذه الكائنات). على أى حال ، سيكون السفر لما بعد المنظومة الشمسية ، خلال الفضاء ما بين النجوم ، هو التحدى لما بعد البشرية ، هذا إن حدث بأى حال سفر كهذا . ستتضمن الرحلات فى البداية مجسات روبوتية . ستدوم الرحلة بطول أجيال بشرية كثيرة وسوف تتطلب مجتمعا مكتفيا ذاتيا ، أو الإيقاف المؤقت لأى ذكاء حى . وكبديل لذلك يمكن أن يُطلق فى الفضاء فى سفينة فضاء

منمنمة مادة جينية ، أو طبعات تصميمات زرقاء محملة فى ذاكرات لاعضوية . ويمكن أن تُبرمَج هذه كلها ليتم إنزالها فوق الكواكب الواعـدة، وتتسـخ نسـخا مضاعفة لذاتها ، وتبدأ هكذا فى الانتشار خلال كل المجرة . بل ويمكن أن يوجد حتى بث بالليزر لمعلومات "مشفرة" (نوع من "السفر فى الفضاء" يمكن أن يحدث بسرعة الضوء) يمكن أن تقدح الزناد لتجميع مصنوعات أو "لبذر" كائنات حيـة فى المواقع المواتية . تؤدى هذه الأفكار إلى أن تواجهنا قضايا عميقة حول حدود تخزين المعلومات ، والدلالات الفلسفية للهوية .

ستكون هذه فترة انتقال تطورى فاصلة تاريخيا مثل تلك التى أدت إلى حياة أساسها اليابسة فوق كوكب الأرض . إلا أنها قد تكون أيضا مجرد بداية للتطور الكونى.

منظور لبلايين السنين

من الحكايات التى ظلت تتكرر فى محاضرات علم الفلك حتـى أصـبحت مبتذلة حكاية تصف سائلا منزعجا يسأل التالى : " ماذا قلت عن الـزمن الـذى سينقضى حتى تحرق الشمس كوكب الأرض إلى رماد هش؟" عندما يتلقى السائل الجواب بأنه "ستة بلايين عام"، فإنه يجيب بقوله فى ارتياح : "حمدا لله على ذلك، ظننتك قد قلت ستة ملايين " . قد يبدو ما بعد دهور من المستقبل أمرا لاعلاقة له بالمرة بالشئون العملية فى حياتنا ولكنى لا أعتقد أن السياق الكونى ليس لـه أى علاقة بالطريقة التى ندرك بها كوكبنا الأرضى هو ومصير البشر.

تصور عالم البيولوجيا العظيم كريستيان دى دوف أن " شجرة الحياة ستصل إلى ضعف ارتفاعها الحالى . قد يحدث هذا من خـلال تزايـد تنـامى الفـرع الانسانى ، على أنه ليس من اللازم أن سيكون الأمر هكذا . ثمة زمن وافر لان تبرعم أغصان أخرى ، وتنمو ، ثم تصل فى النهاية إلى مستوى أعلى كثيرا من المستوى الذى نشغله بينما يذبل الغصن البشرى ... يعتمد ما سـوف يحـدث ،

علينا نحن إلى حد ما ، ذلك أننا الآن لدينا القوة لأن نؤثر تـأثيرا حاسـما فـي مستقبل الحياة والنوع البشرى على كوكب الأرض " .

لاحظ داروين نفسه أنه " لن يحدث أن نوعا حيا واحدا سوف يورّث شـبهه غير المعدّل لفترة بعيدة فى المستقبل " . قد يتغير نوعنا الخاص ويتنوع بأسـرع من أى سلف لنا وذلك عن طريق تعديلات محكومة بذكاء ، وليس عن طريـق الانتخاب الطبيعى وحده . سيحدث فى زمن يسبق طويلا الوقت الذى ستلغق فيه الشمس فى النهاية وجه الأرض منظفة إياه ، أن نوعا من الحياة ذات العجيج أو نوعا من مصنوعاتها قد يتمكن من الانتشار إلى ما يتجاوز كثيرا كوكبه الأصلى، وذلك مشروط بأن نتجنب وقوع كارثة لا عكوسية تحدث حتى قبل ان تسـتطيع هذه العملية أن تبدأ . فى استطاعة هذه الحياة أو مصنوعاتها أن تتطلع قدما إلى مستقبل يكاد يكون لانهائيا . تفتح لنا الثقوب الدوديـة(*) ، والابعـاد الاضـافية والكمبيوترات الكمومية سيناريوهات تأملية يمكن أن تحوّل فى النهاية كل كوننـا بأسره إلى "كون حر" .

زحفت أول الكائنات المائية إلى اليابسة الجافة فى العهد السيلورى(**) عنـد ما يزيد عن ثلاثمائة مليون سنة مضت . وربما كانت هـذه الكائنـات مجـرد وحوش بلا جاذبية ، ولكن لو أنها حدث لها أن ضربت بعنف لتعرّض للخطر كل تطور الحيوانات والنباتات فى قاعدتها على اليابسة . وبالمثل فـإن الامكانـات الكامنة لما بعد البشرية لهى امكانات هائلة إلى حد بالغ ، حتى أن أشد الناس بيننا بغضا للبشرية لن يوافق على ان تعاق هذه الامكانات بأفعال الانسان .

(*) الثقب الدودى : ممر يوصل بين منطقتين من المكان منفصلتين بمسافة واسـعة . يمكـن تصور أنه فى حالة وجود أكوان أخرى أن كوننا يتصل بها بثقوب دودية ، وهذا مجـرد مفهوم نظرى لم يتم رصده فى الواقع.(المترجم) .

(**) العصر السيلورى الدور الثالث من حقب الحياة القديمة الباليوزى ، أهم حفرياته العقارب البحرية ، وفى نهايته ظهرت الاسماك ، وقد انقضى منذ حوالى ٤١٠ مليـون سـنة . (المترجم) .

-١٤-

الخاتمـــة

وضعت الثقافة الغربية التقليدية تصورا لبداية ونهايــة للتــاريخ ، إلا أن المجال الزمنى بينهما مجال ضيق - مجرد آلاف معدودة من السنين . (على أن الكثيرين يتشككون فى دقة جيمس أشر كبير أساقفة أرماج ، الذى اشــتهر عنــه تحديد تاريخ بدء التكوين فى عصر يوم السبت من ٢٢ أكتوبر ، ٤٠٠٤ ق. م.). وبالاضافة كان هناك اعتقاد واسع بأن التاريخ قد دخل بالفعل فى الفيته الأخيرة . وبالنسبة للسير توماس براون كاتب الاطروحات فى القرن السابع عشــر فــإن "العالم نفسه يبدو فى حالة انحسار . لقد انقضى من الزمان جزء أكبر مما سوف يأتى" .

سنجد بالنسبة لعقل أشر أن تكوين العالم وتكوين الانسانية تم أحدهما بعــد أسبوع واحد من الآخر ؛ أما بالنسبة لعقولنا الحديثة ، فإن الفارق الذى يفصــل الحدثين فارق كبير كبرا لايمكن تصوره . كان هناك فترة غياب واسع تسبقنا ، وسجلاتها تطل محملقة فى وجوهنا من كل صخرة . نستطيع الآن أن نتابع مسار تطور المحيط الحيوى لكوكب الأرض وراء لبلايين عديدة من الســنين : ومــن المعتقد أن كوننا الفيزيقى لايزال أمامه مزيد من الامتداد ، ربما حتى إلى مــالا نهاية . على أنه مع كل هذه الآفاق المتسعة ، فإن المقيــاس الزمنــى الواحــد للماضى والمستقبل معا قد صار متقلصا : تقديرات المتشــائمين للفتــرة التــى ستستمر فيها حضارتنا قبل أن تتقوض ، أو حتى قبل ان تنالها كارثة من كوارث الرؤى النهائية ، لهى تقديرات أقصر مما كان سيقيسه أسلافنا الذين كانوا يتفانون فى إضافة طوب البناء لكاتدرائيات لن ينتهى بناؤها فى زمن حيــاتهم . وربمــا سيحدث لكوكب الأرض نفسه أن يظل باقيا ، أما البشر فلن يكــون مــنهم مــن

يستطيع التغلب على احتراق كوكبنا بفعل الشمس المحتضرة ؛ أو من يستطيع حتى التغلب على استنفاد موارد كوكب الأرض .

لو أننا امكننا أن نرى كل دورة حياة منظومتنا الشمسية ، من مولدها من سحابة كونية إلى آلام احتضارها فى التوهج النهائى للشمس ، فى رؤية "مختصرة" إلى فترة من سنة واحدة ، سنجد أن كل التاريخ المسجل سيكون فى أقل من دقيقة واحدة فى يوم مبكر من شهر يونيو . وسنجد أن القرن العشرين يمر فى ومضة من ثلث الثانية . والجزء التالى من الثانية حسب هذا التصور سيكون "حاسما" : الانسانية فى القرن الحادى والعشرين تتعرض للخطر بقدر يفوق أى مما سبق بسبب سوء تطبيق العلم. هناك ضغوط بيئية تحدثها تصرفات بشرية جموعية يمكن أن تقدح زناد كوارث أكثر تهديدا من أى مخاطر طبيعية .

يقينا طيلة عقود حديثة عديدة مستهدفين لمحرقة نووية . وإذا كنا قد أفلتنا منها إلا أننا بالتبصر وراء سنجد أن بقاءنا فى الوجود يبدو أنه يرجع إلى حسن الحظ أكثر مما يرجع إلى عوامل موائية متأصلة . وبالإضافة ، فإن المعرفة الحديثة (وخاصة فى البيولوجيا) قد فتحت أبواب مخاطر غير نووية قد تكون حتى أشد إثارة للكرب فى نصف القرن التالى . تعطى الأسلحة النووية للدولة المهاجمة ميزة تدميرية هائلة تفوق أى دفاعات ملائمة . أما العلوم الجديدة فهى ستؤدى سريعا إلى تمكين الجماعات الصغيرة ، بل وحتى تمكين الأفراد ، لأن تكون ضد المجتمع بقدر مماثل من الفعالية . مع تزايد الارتباطات البينية لعالمنا أصبح هذا العالم مستهدفا لمخاطر جديدة ؛ مخاطر "بيولوجية" أو "معلوماتية"، مخاطر من الارهاب أو الأخطاء . وهذه المخاطر لايمكن التخلص منها : والواقع أنه سيكون من العسير إيقاف نموها دون أن ننتهك بعض حرياتنا الشخصية الأثيرة لدينا .

فتحت لنا البيوتكنولوجيا الأبواب لمزايا واضحة ، ولكننا يجب أن نـوازن بينها وبين ما يصحبها من المخاطر والمحاذير الأخلاقية . كمـا يتطلـب علـم الروبوتيات والنانوتكنولوجيا نوعا من المقايضة : فهما قد يترتب عليهما نتـائج كارثية أو حتى نتائج لايمكن التحكم فيها عند اساءة تطبيقهما . ينبغى أن يتخذ من يجرون التجارب جانب الحذر عندما "يفضون غلاف" العلم ؛ على أنه حتى عند وجود قضية تبرر وضع كوابح على بعض الأبحاث ، إلا أن حظر هذ الأبحـاث لايمكن أبدا أن يتم فرضه بفعالية على نطاقة العالم كله.

لم ينجح كثيرا أى من المفكرين المتأملين مثل هـ . ج ويلـز ولا أى مـن معاصريه من العلماء فى التنبؤ بالأضواء الكاشفة لعلم القرن العشـرين . أمـا القرن الحالى فهو أقل فى امكان التنبؤ بما سيكونه وذلك بسبب إمكان تغييـر أو دعم الذكاء البشرى . على أنه قد تحدث أوجه تقدم جديدة لم تخطر بالمرة علـى بال أحد وقد تفرض أيضا مخاطر جديدة . تقع على عاتق العلماء أنفسهم مسئولية خاصة : ينبغى أن يكونوا يقظين للطريقة التى يمكن بها تطبيق أبحـاثهم ، وأن يفعلوا كل ما وسعهم لتنبيه الجمهور الواسع للمخاطر الممكنة .

أحد التحديات الرئيسية هو أن نفهم طبيعة الحياة ؛ كيف بدأت ، وهل توجد فى مكان يتجاوز كوكب الأرض . (لاريب أنه بالنسبة لى لا يوجد أى سـؤال علمى أتلهف أنا شخصيا على اجابته أكثر من هذا السؤال). ربما سيتم اكتشـاف حياة خارج الأرض - أو حتى فيما يمكن تصـوره ، اكتشـاف ذكـاء خـارج الأرض. من الممكن أن يكون كوكبنا واحدا من بين ملايين الكواكب المسكونة : ربما نحن نعيش فى كون ودود بيولوجيا يعج بالحياة بالفعل . وإذا كـان الأمـر هكذا ، فإن أهم نتيجة تاريخية جديدة فوق كوكب الأرض ، حتـى ولـو كانـت انقراضنا بالكامل ، لن تُسجَّل إلا بالكاد كحدث كونى . وحسب الكلمات العتيقـة الطريفة لتوماس رايت بدورام الفلكى الصوفى فى القرن الثامن عشر : "فى هذه العملية العظيمة ، عملية التكوين السماوية، سنجد أن وقوع كارثـة لعـالم مثـل

عالمنا ، أو حتى وقوع تحلل بالكامل لمنظومة من العوالم ، ربما لن تُعد فيما يحتمل بالنسبة لمنشئ الطبيعة العظيم أكبر من حادثة من أكثر الحوادث شيوعا في حياتنا ، وسيكون هناك بكل احتمال أيام نهائية وأيام حساب عامة تتكرر هناك بمثل ما تتكرر به حتى أيام الميلاد وأيام الوفاة في حياتنا على هذا الكوكب الأرضي " .

على أنه قد يثبت في النهاية أن احتمالات الرهان تتكدس ضد انبثاق الحياة ، بحيث يكون محيطنا الحيوى هو المستقر الوحيد للحياة الذكية الواعية بذاتها في مجرتنا. وعندها فإن مصير كوكبنا الأرضي الصغير ستكون له أهمية هي حقا أهمية كونية – أهمية تتردد أصداؤها خلال كل عملية "التكوين السماوية" عند توماس رايت.

من الطبيعي أن اهتماماتنا الرئيسية ستكون حول مصير جيلنا الحالي ، والعمل على إقلال ما يهددنا . على أني أجد بالنسبة لي ، وربما بالنسبة لغيري (خاصة ان كانوا ممن يؤمنون بالعلم) ، أن المنظور الكوني يدعم من حاجتنا الأساسية لأن نعتز بتلك "البقعة الزرقاء" في الكون كما أنه ينبغي أن يحفز إلى موقف حذر إزاء المبتكرات التكنولوجية التي تفرض حتى ولو تهديدا صغيرا بمنزلق كارثي .

مبحث هذا الكتاب هو أن الانسانية تتعرض للخطر أكثر من أي مرحلة سابقة في تاريخها . والكون ، بالمعنى الاوسع ، له بالامكان مستقبل يمكن حتى أن يكون لانهائيا . ولكن هل سيحدث أن تمتلأ هذه الامتدادات الواسعة من الزمان بالحياة ، أو أنها ستكون خاوية بمثل خواء البحار الأولى العقيمة فوق كوكب الأرض ؟ لعل الخيار يتوقف علينا نحن ، في هذا القرن .

-١٥-

الهوامـــش

NOTES

Chapter 1

- "... real life Dr. Strangeloves..." The most prominent nuclear strategist was Herman Kahn, author of *On Thermonuclear War* (Princeton University Press, 1960).
- "... words of Gregory Benford ..." *Deep Time*, by Gregory Benford, is published by Avon Books, NY, (1999).
- "... Mathematician and philosopher Frank Ramsey..." *Foundations of Mathematics and other Logical Essays*, by F. P. Ramsey, London, Kegan Paul, Trench and Trubner, p. 291. Published posthumously in 1931.
- " About 4.5 billion years ago..." For a fuller account of cosmic history, see my book *Our Cosmic Habitat* (Princeton University Press and Phoenix paperback, 2003).

Chapter 2

- "... 1902 lecture entitled 'Discovery of the Future' ..." H.G. Wells's Royal Institution Lecture, given on 24 January 1902. was, unusually, reprinted in full in the journal *Nature*, The programme note described him as "H.G. Wells, B Sc': he was inordinately proud of the academic degree he had gained by external study at London University.
- "... Lee Silver, in his book ..." *Remaking Eden*, by Lee Silver, Avon Books, New York (1997).
- "In 1937 the US National Academy of Sciences ..." The NASA Study is described, and interestingly critiqued, by C.H. Townes, co-inventor of the maser, in his book *Making Waves*, Springer-Verlag 1995.

- "... there can still be revolutionary innovations, ..." Science and technology now have a complex symbiosis, which didn't exist a hundred years ago: research triggers applications; equally, new techniques and instruments boost scientific discovery.
- "Ray Kurzweil ..." *The Age of Spiritual Machines,* by Ray Kurzweil, Viking, NY (1999).
- " ... circuits on a much finer scale, ..." One promising technique, proposed by electrical engineers at Princeton University, involves engraving the required pattern onto a sliver of quartz, putting a layer of silicon on top of it, and then firing a laser to melt the part of the silicon in contact with the quartz mould.
- "the evangelists of nanotechnology ..." A recent survey of the nearer-term prospects for nanotechnology is *Our Molecular Future,* by Douglas Mulhall, Prometheus Books (2002).
- "The robotics pioneer Hans Moravec ..." Mind Children: *The Future of Robot* and Human Intelligence, by Hans Moraves, Harvard University Press (1988).
- "How much non-biological hardware ..." John Sulston, in *Big Questions in Science,* H. Swain, ed., Jonathan Cape, London (2002), pp.159-163.
- "The Californian futurologist Vernon Vinge ..." Vernon Vinge's article on the singularity appeared in Whole Earth magazine (1993).
- "Futurists like Freeman Dyson ..." *The Sun, the Genome and the Internet* , by Freeman Dyson, Oxford University Press (1999).
- "... discusses how to optimise ..." *The Clock of the Long Now,* by Steward Brand, BasicBooks, NY, Orion Books, London (1999).
- "... Norh America reverts to a medieval state ...." *A Canticle for Leibowitz,* by Walter M. Miller Jr., Orbit paperback, 1993 (first published in 1960).
- "the 'Gaia' concept. ..." James Lovelock is quoted by Stewart Brand in *The Clock of the Long Now.*

Chapter 3

- "...187 million perished ..." The estimate comes from Z. Brzezinski, Out of Control: *Global Turmoil on the Eve of the Twenty-First* Century, New York, 1993; this same number is endorsed by Eric Hobsbaum in his Age of Extremes, Michael Joseph, London (1994).
- "This was not only the most dangerous moment ..." Arthur M. Schlesinger Jr.'s remarks were quoted in the *New York Times*, October 12, 2002, reporting on a conference held to mark (and reminisce a about) the Cuban Missile Crisis on its fortieth anniversary At this conference new facts emerged that showed that the world was even closer to the "knife edge" than the public had previously realised. During the crisis a Russian submarine was targeted by depth charges from a US warship. This submarine carried a nuclear-armed torpedo, which could have been launched with the concurrence of three officers. Fortunately, one young officer, Vasily Arkhipov, held out against the pressure to launch the torpedo, thereby staving off an escalation that could well have run out of control.
- "Even a low probability ..." Robert McNamara was interviewed by Jonathan Schell in the *Nation*.
- "The Bulletin of Atomic Scientists was founded ..." *The bulletin of Atomic Scientists* is now published bimonthly by the educational Foundation for Nuclear Science in Chicago (http://www.thebulletin.org).
- "... virtually every technical innovation ..." McNamara is quoted by Solly Zuckerman in *Nuclear Illusions and Reality*, Collins, London (1982).
- "... a world- wide blocking-out ..." The concept of nuclear winter was proposed in a 1983 study by R.P. Turco, O.B. Toon, T.P. Ackerman, J.B. Pollack, and C. Sagan (known as TTAPS). The quantitative details of this study, depending on the amount of smoke and soot released, and how long it would stay in the atmosphere, were the subject of subsequent controversy.

- "The basic reason ..." *Nuclear Illusion and Reality*, by Solly Zuckerman. The quotations are taken from pages 103 and 107.
- "The total of excess material ..." *Megaton and Megawatts*, by R, L. Garwin and G, Charpak, Random House (2002).
- "... argues that undetectable tests..." *Technical Issues Related to the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty*, a report of the Committee on International Security and Arms Control, National Academy of Sciences, published in 2002.
- "... founded a series of conferences...." Information on the Pugwash conferences and their history is accessible on http://www.pugwash.org/. The obscure village after which the conferences were named had incongruous associations in the UK, where "Captain Pugwash" was a well-known cartoon character on children's television.
- "cease and desist ..." The quotation is from an article by Hans Bethe in the *New York Review of books.*
- "... manifesto stressing the urgency ..." The Einstein-Russell manifesto was recently reprinted, with commentary, by the Pugwash organisation.
- "an international group convened ..." The Canberra Commission on the Elimination of Nuclear Weapons presented its report to the Australian government in 1997. In addition to those mentioned in the text, its members included General Lee Butlèr, former head of US Strategic Air Command, and an eminent British soldier, Field Marshal Carver.
- "... two most prominent personalities ..." For a detailed account see Brotherhood of the Bomb: *The Tangled Lives and Loyalties of Robert Oppenheimer, Ernest Lawrence and Edward Teller*, by Gregg Herken, Henry Holt (2002).

Chapter 4

- "... portrayed devastation ..." Tom Clancy is notable for the prescience and technical fidelity of his plot lines. An earlier novel, *Debt of Honor*, featured the use of an airliner as a missile to attack the Capitol building in Washington.

- "With modern weapons-grade uranium ..." Luis Alvarez is quoted on the website of the Nuclear Control Institute, Washington, DC.
- "A nuclear explosion at the World Trade Center ..." This scenario, along with other related material, is discussed *in Avoiding Nuclear Anarchy*, edited by G.T. Allison (BCSIA Studies in International Security, 1996).
- "We have slain the dragon ..." James Wolsey was speaking at Us senate hearings in February 1993).
- "... crash onto the containment vessel." A brief survey of these risks (with references) is *Nuclear Power Plants and Their Fuel as Terrorist Targets*, by D.M. Chaplin and eighteen co-authors, in Science 297, pp. 997-998, 2002. In a later response, Richard Garwin claimed that the authors were downplaying the risks, which had been treated more seriously in a National Academy of Sciences report. (See also Science 299, pp.201-203, (2003).
- "... he was in charge of ..." *Biohazard*, by Ken Alibek, with Stephen Handelman, Random House, New York, (1999).
- "The knowledge and techniques ..." Fred Ikle, March 1997, cited in *The Shield of Achilles*, by philip Bobbitt, Penguin, NY and London (2002).
- "... several scenarios were explored ..." The Jason study of biological threat was summarised in an article by Steven Koonin, provost of the California Institute of Technology and chairman of the Jason group, in *Engineering and Science*, 64[3-4] (2001).
- "... simulated a covert smallpox attack ..." The Dark Winter exercise was carried out by the Johns Hopkins Center for Civilian Biodefense Strategies, in collaboration with the Center for Strategic and International Studies (CSIS), the Analytic Services (ANSER) Institute for Homeland Security, and the Oklahoma National Memorial Institute for the Prevention of Terrorism.
- " According to a report." *The report is Making the Nation Safer: The Role of Science and Technology in Countering Terrorism, National Academy* Press (2002).

- "It would be interesting ..." George Poste, in *Prospect* (May 2002).
- "... had assembled a polio virus. ..." J. Cello, A.V. Paul, and E. Wimmer, *Science* 207, p. 1016 (2002).
- "... more effectively than natural mutations." A technique used by a US company called Morphotek involves increasing the mutation rate by inserting into animals, plants, or bacteria a gene called PMS_{2-134}, a defective version of a gene responsible for repairing DNA.
- "... sequenced the human genome ..." Craig Venter's project has been widely reported, for instance by Clive Cookson in *Financial Times*, September 30, 2002.
- " ...risks stemming from error ..." The paper reporting the experiments by Ron Jackson and Ian Ramshaw was published *in the Journal of Virology* (February 2001).
- "... even animals that had been previously vaccinated." *In The Demon in the Freezer* (Random House, 2002) Richard Preston reports experiments by Mark Buller and colleagues at the St. Louis School of Medicine that attempted to reproduce the Australian results. They got concurrent results, except that some mice that had been recently vaccinated retained their immunity against the modified mousepox virus.
- "grey goo scenario" *Engines of Creations*, by Eric Drexler, Anchor Books, NY (1986).
- "...biovorous replicators." There are some limits on the virulence and speed of a takeover, but these are very crude and far from reassuring. Robert A. Freitas, in a paper entitled "Some limits to global ecophagy by biovorous nanoreplicators," concludes that the replication time could be as short as one hundred seconds.
- " ...self-destruct 'naturally.'" Another riposte is that an organism that succeeds in evolutionary terms plainly must not despoil its habitat completely, but , must instead maintain a symbiosis with it.

Chapter 5

- "... designing web pages..." The content of the now-defunct Heaven's Gate cult website in now archived at http: //www.wave.net/upg/\gate/ heavensgate.html.
- "...cyber-community of the likeminded." *republic.com*, by Cass Susstein, published by Princeton University Press in 2001.
- " ... Millenarian believers." A series of books depicting the apocalyptic era-the *Left Behind* series-has topped bestseller lists in the US.
- "... surveillance might be the least ..." *The Transparent Society*, by David Brin, Addison-Wesley, NY (1998).
- "...through films and TV news reports." According to a survey by the *Economist* (December 20/27 2002 issue), more than two billion people in the developing world have access to satellite television. Although locally produced programmes are increasingly favoured, the most popular Western programme in several countries (including, for instance, Iran) is "Baywatch".
- "...mood-altering medications..." *Our Posthuman Future*, by Francis Fukuyama, Farrar, Strauss and Giroux (New York) and Profile books, London (2002).
- "If we can alter people's desire ...." Steve Bloom's article is in the October 10, 2002, issue of *New Scientist.*
- "... form of mind control ..." *Beyond Freedom and Dignity*, by B.F. Skinner Bantam/Vintage (1971).
- "... mentally abnormal human beings..." Philip K. Dick. The *story for Minority Report* is in his collection of short stories.
- "ever more tightly linked..." *Clock of the Long Now*, by Stewart Brand, BasicBooks, NY, Orion Books, London (1999).

Chapter 6

- "... a series of 'long bets'." The long bets were published in the May 2002 issue of *Wired.*

- "... Whether such a theory even exists." See further discussion of fundamental theories in Chapter II.
- "...to witness the outcome." Steven Austad and Jay Olshansky have a bet on this subject with a stake such that the heirs of the winner may, in 2150, receive as much as five hundred million dollars.
- "... introduction of new drugs ..." "The Hidden Cost of Saying No," by Freeman Dyson appeared in the *Bulletin of the Atomic Scientists*, July 1975, and is reprinted in *Imagined Worlds*, Penguin (1985).
- "...research just the way it led me." *The Island of Dr. Moreau*, by H.G. Wells, first published in 1896.
- "declaration put forward in 1975 ..." Asilomar declaration. See discussion in H.F. Jutson's *The Eighth Day of Creation* (1979).
- "... attempt at self-regulation ..." The retrospective views of several Asilomar participants are reported in "Reconsidering Asilomar," The Scientist 14[7]:15 (April 3, 2000).
- "The views of scientists should not have special weight...." There are two issues, however, where specialists should be heeded: First, they are best placed to judge whether or not a problem is soluble. Some problems, though plainly important, are not yet ripe for a frontal attack, so it is no good throwing money at them. President Nixon's initiative for a "war on cancer" was premature. Untargeted fundamental research was a better bet at that time. Second, when scientists argue that undirected "blue skies" research can be the most productive, this is not just because they prefer to be free to follow where curiosity leads them. Even from a hard-nosed practical perspective this can be true: thirty years after Nixon's programme, a main challenge in cancer research is still the basic one of understanding cell division at the molecular level.
- "... they are now used in digital cameras." There has been an interesting shift between the 1970s and today. The cutting-edge instruments used to

be developed by the military, and were then adapted for scientific use. Now, The mass market for consumer electronics (digital cameras, computer-game software, and consoles) often sets the state of the art.

- "... clone his elderly dog." The donor, John Sparling, founder of the University of Phoenix didn't get his replacement dog, though the research group cloned a cat for the first time in March 2002.
- "... an open attitude with regard to students." This openness plainly should not extend to those who had no intention of gaining education, but might masquerade as students simply to gain access to pathogens in university laboratories.
- "claimed to have generated nuclear ..." The cold fusion episode is recounted in *Too Hot to Handle*, by Frank Close, Princeton University Press 1991.
- "... investigating a puzzling effect ..." The Taleyarkhan paper in *Science* 295, 1868 (2002).
- "... no impediment to openness." Openness would not guarantee wide and effective scrutiny if the scientific evidence came from some enormous (and perhaps unique) facility, for instance, a spacecraft or a huge particle accelerator. In such cases the main safeguard has to come internal quality control within the research group, which is likely to be large and intellectually diverse in these cases.
- "in favour of 'going slow'." Bill Joy, "Why the Future doesn't need us," was the cover article in the April 2000 issue of *Wired*.

Chapter 7

- "... named Shoemaker-Levy after its discoverers." The comet was discovered by Eugene Shoemaker, an expert on lunar and planetary studies; his wife; Carolyn; and David Levy, an astronomer based in Arizona. In 1993 the comet passed close to Jupiter and the tidal effect of the planet's gravity tore it apart, into about twenty pieces. It was possible to calculate that the fragments would actually crash into Jupiter sixteen months later.

- "It is a minor risk, ..." *Report on the Hazard of near Earth* Objects, prepared for the UK government by a committee chaired by Dr. Harry Atkinson.
- "... a Tunguska-type event wipes out Northern Italy..." *Rendezvous with Rama*, by Arthur C. Clarke (1972).
- "Spaceguard'-type projects...." The relevant NASA report is at http://impact.arc.nasa.gov/reports/spaceguard/index.html.
- "... to divert the trajectory ...." As Carl Sagan noted, if it became feasible to change the orbits of asteroids, the technology could be used to divert them towards Earth rather than away from it, greatly increasing the natural "baseline" impact rate and turning asteroids into weapons, or instruments of global suicide.
- "The Torino number assigned ..." The Torino scale is described on http://impact.arc.nasa.gov/torino/.
- "... a more refined index ...." The Palermo scale was proposed in a paper by S.R. Chesley, P.W. Chodas, A. Milani, G.B. Valsecchi, and D.K. Yeomans, Icarus 159, 423-432 (2002).

Chapter 8

- " The totality of life ..." *The Future of Life*, by E.O. Wilson, Knopf, New York (2002).
- " We are burning the books ..." Robert May, *Current Science* 82, 1325 (2002).
- "... a Library of life ...." Gregory Benford's proposal is described in his book Deep Time.
- "... 'footprint' needed to support each person ..." The "footprint" concept is discussed in the WWF "Living Planet Report" at http://www.panda.org.
- "Almost ten percent ..." These figures come from a recent report by NMG-Levy, a South African labour relations organisation.
- "...other calamitous 'natural' plagues ...." Paul W. Erwald in *The Next Fifty Years*, Vintage Paperbacks (2002), John Brockman, ed., p.289.

- "... from decades to hundreds of millions of years." Five hundred million years ago, there was twenty times more carbon dioxide in the atmosphere than there is today: the greenhouse effect was then far stronger. But the average temperature was not substantially higher in that era, because the Sun was intrinsically fainter. The carbon dioxide started to fall when plants colonised the land, consuming this gas as the raw material for their photosynthetic growth. The gradual brightening of the Sun, a wellunerstood consequence of the way stars change as they get older, has counteracted the diminishing greenhouse effect, with the consequence that the mean global temperature has not changed much. There have however been fluctuations, between glacial and interglacial periods, of as much as ten degrees (centigrade) from the average value. Fifty million years ago, in the early Eocene geological era, there was still three times as much carbon dioxide in the atmosphere as there is today. There is fossil evidence for mangrove swamps and tropical forests in southern England at that time; the local temperature was then about fifteen degrees higher than it is now (though this was partly due to a shift in the continents and in Earth's spin axis, which placed England nearer the equator)
- "... that trap the heat." This effect makes the Earth five degrees hotter than it would otherwise have been. The key question is how many extra degrees of heating will be induced by human activities during this century.
- "The anti-gloom environmental propagandist ..." The scientific issues regarding global warming are comprehensively discussed in the various reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), on http://www.ipcc.ch.
- "...the 'conveyor-belt' flow pattern ..." A clear discussion of the "conveyor belt" concept is in W.S. Broecker, "What If the Conveyor Were to Shut Down ? Reflections on a Possible Outcome of the Great

Global Experiment," *GSA Today* 9(I):1-7 (January 1999). He notes that there heave been sudden coolings in the past that if replicated, would transform Ireland's climate into that of Spitsbergen, turn Scandinavian forests into tundra, and freeze the Baltic Sea all the year round. He adds, however, that it there were a four-to five-degree warming before a human-in-duced "flip" occurred, the outcome, though still unpredictable, would be unlikely to be so extreme.

- "... the next 'flip' much more imminent." *The Skeptical Environmentalist*, by Bjorn Lomberg, Cambridge University Press (2001).
- "Earth would need to be substantially hotter than it actually is ..." Such a runaway could occur it the carbon dioxide level rose anywhere near to what it was 500 million years ago, the Sun being several percent brighter now than it was then. But the projected rise in carbon dioxide induced by human activities amounts to no more than a doubling - small compared to the twenty-fold changes that have occurred on geological timescales. In the natural course of events, the gradually-brightening Sun could trigger a runaway greenhouse effect due to evaporation from the oceans perhaps a billion years from now (even with present carbon dioxide levels). This could destroy land-based life far sooner than the more violent convulsions that accompany the Sun's death-throes 6 or 7 billion years hence. Greenhouse warming even more drastic on the torrid planet Venus.
- " ... Charles, Prince of Wales..." He was lecturing at Cambridge University in 1994, at the inauguration of a Global Security Programme at the University.

Chapter 9

- "... the "precautionary principle." There is huge literature on this subject. See, for instance, *Rethinking Risk and the Precautionary Principle*, edited by Julian Morris, Butterworth-Heinemamm (2000).

- "Edward Teller contemplated the scenario ..." *Memoirs: A Twentieth Century Journey in Science and Politics*, by Edward Teller, Perseus, p. 201 (2001).
- "... a Los Alamos report." E. Konopinski, C. Marvin, and E. *Teller, Ignition of the Atmosphere with Nuclear Bombs*, Los Almos Report. Until 2001 this was available on the Los Alamos website.
- "... an experiment at Brookhaven ..." *COSM*, by Greg Benford, Avon Eos, NY (1998).
- "... spatial dimensions beyond our usual three..." See the comments on such theories in Chapter II.
- "... scientist produces a new form of ice ..." *Cat's Cradle*, by Kurt Vonnegut, first published in 1963; available in e-version from Rosetta Books.
- "Hut and I realised ..." Our paper was published as P. Hut and M.J. Rees, "How stable is our vacuum?" *in Nature* 302, 508-508 (1983).
- "... asked a group of experts ..." The Brookhaven report, entitled "Review of Speculative 'Disaster Scenarios' at RHIC,"was published as R.L. Jaffe, W. Busza, J. Sandweiss, and F. Wilczek *Reviews of Modern Physics* 72, 1125-11-37 (2000).
- "...summarised the situation like this:" The quotation is from S.L. Glashow and R. Wilson, *Nature* 402,596 (1999).
- "... a parallel effort ..." The work of the CERN-based scientists A. Dar, A. de Rujula, and U. Heinz appeared as a paper entitled "Will Relativistic Heavy Ion Colliders Destroy our Planet ?" *in Phys. Lett.* B 470, 142-148 (1999).
- "... extinction cannot be felt ..." Jonathan Schell in *The Fate of the Earth*, Knopf, New York (1982), pp. 171-172.
- "... lack of candour in discussing ..." Francesco Calogero's article "Might a Laboratory Experiment Now being Planned Destroy the Planet Earth?" is in *Interdisciplinary Science Reviews* 23, 191-202 (2000).

- "... personal assessment of what was at stake." As I have emphasised in Chapter 3, we seem to have actually been exposed to a higher risk than most people realised, I would guess, than any but the most fervent anti-Communists would have knowingly accepted,
- " ... what constitutes an acceptable risk ..." Adrian Kent, "A critical look at catastrophe risk assessment," *Risk* (in press): preprint available as hep-ph/0009204.

Chapter 10

- "... friend and colleague Brandon Carter." Carter's paper was published as "The anthropic principle and its implications for biological evolution," *Phil Trans* R-Soc A 310, 347.
- "This Doomsday argument ..." The most thorough critique of this line of argument is in *Anthropic Bias: Observation Selection Effects in Science and Philosophy*, by Nick Bostrom, Routledge, New York (2002). Another reference is C. Caves, *Contemporary Physics*, 41, 143-153 (2000).
- "An even simpler argument was used ..." J.Richard Gott III, Implications of the Copernican principle for our future prospects, Nature 363, 315 (1993) and his book *Time Travel in Einstein's Universe*, Houghton Mifflin, New York, (2001).
- " ... the Canadian philosopher John Leslie ..." This argument is presented in Leslie's book *The End of the World: The Science and Ethics of Human Extinction*, Routledge, London (1996) (new edition 2000), which has a comprehensive account of hazards and the Doomsday argument. The author, a philosopher, brings zest to the gloomiest of themes. Further references to the doomsday argument are given by Bostrom in his book cited earlier.

Chapter 11

- "... John Horgan has claimed the latter ..." Horgan's book *The End of science* was published by Addison Wesley, NY, in 1996. An antidote is

What Remains to be Discovered, by John Maddox, Free Press, New York and London (1999).

- "No matter how much we learn..." The quotation, a response to a question by Heinz Pagels, is from *A Memoir*, by Isaac Asimov.
- "... the quantum theory." Quantum theory wasn't the outcome of a single brilliant mind. Key precursor ideas were "in the air" in the 1920s, and the theory was pioneered by a remarkable cohort of young theorists, led by Erwin Schrodinger, Werner Heisenberg, and Paul Dirac.
- "It is a tribute ..." The quotation is from Stephen Hawking's *A Brief History of Time*, Bantam 1988.
- "This theory is now confirmed..." As soon as the theory was proposed, Einstein realised that it explained some mysteries about the orbit of the planet Mercury. It was further confirmed in 1919 by Arthur Eddington (one of my predecessors at Cambridge), who with colleagues measured how gravity deflected light rays passing near the Sun during a total eclipse.
- "... limit to how precisely any clock can ever subdivide time." Even though there is as yet no theory of quantum gravity, the scales on which Einstein's theory must break down can be readily estimated. For example, the theory cannot consistently describe a black hole so small that its radius is less than the uncertainty in its position implied by Heisenberg's relation. This gives a minimum length of about 10-33 cms. The minimum quantum of time, known as the Planck time, would be this length divided by the speed of light, about 3 x 10-44 seconds.
- "... a challenge for the twenty-first." This conceptual gap actually did not impede the huge twentieth-century advances in our understanding of the physical world, from atoms to galaxies. This is because most phenomena involve either quantum effects or gravity, but not both. Gravity is negligible in the micro world of atoms and molecules, where quantum

effects are crucial. Conversely, quantum uncertainty can be ignored in the celestial realm, where gravity holds sway: planets, stars, and galaxies are so large that quantum "fuzziness" has no discernible effect on their smooth motions.

- "currently the most favoured attempt at a unified theory ..." An accessible and entertaining summary of *string theories and extra dimensions is Strange Matters: Undiscovered Ideas at the Frontiers of Space and Time*, by Tom Siegfried, Joseph Henry Press (2002).
- "Perhaps universes could be created...." This suggestion has been discussed by E.H. Fahri and A.H. Guth, (*Phys. Lett.* B 183, 149 (1987)) and by E.R. Harrison (*Q.J. Roy. Ast. Soc.* 36, 193(1995)) amongst others.
- "... little more chance than a fish." If physicists do discover a unified theory, it would be the culmination of an intellectual quest that started before Newton and continued through Einstein and his successors. It would exemplify what the great physicist Eugene called "the unreasonable effectiveness of mathematics in the physical sciences." Also, if it is achieved by unaided human intellect, it would reveal that our mental powers can grasp the bedrock of physical reality, which would actually be a remarkable contingency.
- "The big surprises ..." The quotation is from John Maddox's book *What Remains to be Discovered* noted above.
- "...midway between atoms and stars." In th prologue to this book I cited Frank Ramsey's personal perspective on the world: humans, the focus of his curiosity and concern, dominate the foreground; the stars are shrunk to relative insignificance. Science actually offers an objective rationale for this viewpoint. a viewpoint that is, of course, not peculiar to Ramsey, but is shared by almost all of us. Stars are (from a physicist's perspective) huge masses of glowing gas, squeezed and heated to immense temperatures by their own gravity. They are simple because no complex

chemistry could survive the heat and pressure. A living organism, with layer upon layer of complicated internal chemistry, must therefore be far less massive than a star to avoid being crushed by gravity.

- "... atoms in each of us." There are 1.3 x 10^{57} nucleons (protons and neutrons) in the Sun. The square root of this, 3.4 x 10-28 corresponds to a mass of about fifty kilograms, within a factor of two of the mass of a typical human being.
- "... using ever more powerful computers." The absolute theoretical limit to computer power, far beyond even what nanotechnology could achieve, has been discussed by the MIT theorist Seth Lloyd, who considers a computer so compact that it is on the threshold of becoming a black hole. See his paper "Ultimate physical limits to computation," Nature 406, 1047-1054 (2000).

Chapter 12

- "... no techniques sensitive enough to disclose any of these faraway planets." The most successful current technique is an indirect one that involves detecting not the planet itself, but the small wobble in the central star induced by the planet's gravitational pull. Jupiter-like planets induce motions of meters per second; Earth-like planets induce motions of merely centimetres per second, too small to be measured. But Earth-sized planets might reveal themselves in other ways. For example, if such a planet moved in front of a star, it would reduce its brightness by less than one part in ten thousand. The best hope of detecting this minuscule dimming would be to use a telescope in space, where the starlight is unaffected by Earth's atmosphere and therefor steadier. A planned European space mission called Eddington (named after the famous English astronomer) should be able to detect these transits of Earth-like planets across bright stars within the next decade.

- "... Terrestrial Planet Finder." The tentatively favoured design - details are not yet finalised-would comprise four or five telescopes in space, arrayed as an interferometerin which the light from the star itself cancels out by interference (the peaks of the lightwaves reaching one telescope neutralising troughs from the lightwaves reaching the other) and so does not drown out the ultra-faint light from orbiting bodies.
- "... possible 'twins' of our Earth." It is unclear what fraction of stars could have such a planet. Most of the planetary systems so far discovered are surprisingly different from our own solar system. Many contain Jupiter-like planets on eccentric orbits much closer in than our own Jupiter. These would destabilise any planet in a near-circular orbit at the "right" distance for its parent star to be an abode for life. We cannot yet be sure what fraction of planetary systems would permit a small Earth-like planet.
- " Donald Brownlee and Peter Ward ..." Their book Rare Earth is published by Copernicus, NY (2000).
- "For all of life's plenitude ..." The quotation is from Simon Conway Morris's article in The Far Future Universe, G. Ellis, ed., Templeton Foundation Press (Philadelphia and London 2002), p.169. See also Conway Morris's book The Crucible of Creation Cambridge University Press (1998).
- "... a 'head start' on planets around these ancient stars." The astronomer Ben Zuckerman suggests (*in Mercury*, Sept-Oct 2002, pp. 15-21) another reason why we would expect visits if aliens existed. He points out that any aliens who had themselves surveyed the Galaxy with instruments like the Terrestrial Planet Finder would have identified the Earth as a specially interesting planet with an intricate biosphere long before humans came on the scene, and so had plenty of time to get here.

- "... UFOs have indeed visited us." We should maybe be thankful to be left alone. An alien invasion might have the same effect on humanity as Europeans had on North American Indians and the islands of the South Pacific. Independence Day may be a truer depiction than ET.
- "an entire language for interstellar communication, ..." Hans Freudenthal, *Lincos, a Language for Cosmic Intercourse*, Springer, Berlin (1960).

Chapter 13

- "... this picture should be complemented by another one, ..." *The Fate of the Earth*, by Jonathan Schell p. 154.
- "... advocated by the maverick engineer Robert Zubrin." The "Mars direct" strategy is described in *The Case for Mars: The plan to Settle the Red Planet and Why We Must*, by Robert Zubrin with Richard Wagner, Touchstone (1996).
- "Two years later ..." The relative positions of Earth and Mars are optimal once every two years. That is the reason why two years is the natural time interval between successive launches.
- "... when propulsion systems are more efficient." This same problem would arise on any habitable planet, because gravity has to be this strong to retain an atmosphere at a temperature suitable for life.
- "... what kind of novel propulsion systems will prove most promising." Solar pranels can provide low thrust, for an unlimited time, in the inner parts of the solar system, but in the outer regions sunlight is too weak, and even large and heavy panels yield very low power. At present, probes into deep space carry radioisotope thermoelectric generators (RTGs), which yield enough power for radio transmitters and the such equipment. To provide thrust for propulsion (especially if one requires enough to shorten journey times to the planets, rather than just midcourse corrections), some kind of nuclear fission reactor would be needed. This is a reasonable medium-term prospect. Longer-term and still speculative options include fusion reactors and even matter-antimatter reactors.

- "Very thin carbon 'yarns' have already been made ..." See K. Jiang, Q.Li, and S. Fan, Nature 419, 801 (2002).
- "... Gerard O'Neill, an engineering professor at Princeton." O'Neill's ideas were published in the book The High Frontier, William Murrow, NY (1977), and promoted by an organisation called the "L5 Society." L5 denotes a position in the Earth-Moon system specially appropriate for locating a "habitat."G. Benford and G. Zebrowski's anthology *Skylife: Space Habitats in Story and Science* collects a set of fictional and scientific articles on this theme,
- "Whether human beings will themselves have joined this diaspora..." This is one of Freeman Dyson's favourite themes, first adumbrated in his Bernal lecture. Indeed J.D Bernal in 1929 had ideas of this kind. A later Dyson reference is *Imagined Worlds*, Harvard/Jerusalem lectures (2001).
- "The tree of life may reach twice ..." *Life Evolving: Molecules, Mind and Meaning*, by Christian de Duve, Oxford University Press (2002).
- "... look forward to a near-infinite future." In the 1960s, Arthur C. Clarke envisioned the "Long Twilight" after the death of the sun and today's other hot stars as an era at once majestic and slightly wistful. "It will be a history illuminated only by the reds and infrareds of dully glowing stars that would be almost invisible to our eyes; yet the somber hues of that all-but-eternal universe may be full of colour and beauty to whatever strange beings have adapted to is. They will know that before them lie, not the "... billions of years that span the past lives of the stars, but years to be counted literally in trillions. They will have time enough, in those endless aeons, to attempt all things and to gather all knowledge. But for all that, they may envy us, basking in the bright afterglow of creation; for we knew the universe when it was young." (reprinted in *Profiles of the Future*, Warner Books, NY (1985))

Chapter 14

- "... dated the creation at Saturday afternoon ..." An accessible summary of Archbishop Ussher's life and work, and of progress towards our modern chronology, is in Aeons, by Martin Gorst, Fourth Estate, London (2001). Ussher's chronology, starting with the creation in 4004 B.C.E., was featured until 1910 in the Bibles published by the Oxford University Press.
- "... in this great Celestial Creation, ..." From Thomas Wright of Durham's An Original Theory or New Hypothesis of the Universe (1750), reprinted by Cambridge University Press with an introduction by Michael Hoskin. Wright goes on to set worldly troubles in a cosmic perspective more relaxed than most of us could share: "I can never look upon the Stars without wondering why the whole World does not become Astronomers ... and reconcile them to all those little Difficulties incident to human Nature, without the least Anxiety."

معجم إنجليزى عربى

مع المجموعة الشمسية ويؤدى تحطمها بالاصطدام إلى زيادة عددها وتصغير حجمها.

(B)

Bandwidth

عرض النطاق ، سعة الإرسال فى قناة اتصال.

Bar code

شفرة الخطوط العمودية ، مجموعة خطوط عمودية كل منها بعرض مختلف، وتطبع على السلع حتى يمكن استخدام الكمبيوتر فى عمل بيان مفصل عن عددها وسعرها.

Bedrock

صخر الأديم ، صخر الأساس الصلب الذى ترتكز عليه التربة ولم تؤثر فيه بعد المؤثرات الجوية.

Biotechnology

التكنولوجيات الحيوية ، تكنولوجيا تعتمد على تطبيقات علمية على المواد البيولوجية أو الكائنات الدقيقة مثل تكنولوجيا الهندسة الوراثية.

(A)

Aerosol

ايروسول - هباء جوى - مزيج غازى معلق من جسيمات دقيقة صلبة أو سائلة - مادة معبأة بالضغط تنطلق كرذاذ عند الرش .

Agnosticism

لا أدرية - مذهب بانكار قدرة العقل على المعرفة.

Anthrax

أنثراكس - نوع من بكتريا عصوية الشكل، تسبب الإصابة بها حمى الجمرة المميتة للماشية، وقد تنتقل للانسان.

Anthropic principle

المبدأ الانسانى ، مبدأ بأن الظروف التى تنشأ فيها الحياة صعبة للغاية بحيث أنه لا توجد حياة بشرية إلا على كوكب الأرض (المبدأ الانسانى القوى) ، أو إذا وجدت فى كواكب أخرى فسيكون عددها محدودا جداً (المبدأ الانسانى الضعيف) .

Asteroid

كويكب . تدور الكويكبات حول الشمس أساساً بين المريخ والمشترى ، وقد نشأت

Broad band

النطاق العريض ، أسلوب اتصال في الشبكات يعتمد على زيادة عرض نطاقه ، والشبكات عريضة النطاق تستطيع أن تنقل أكثر من قناة اتصال في الوقت نفسه.

(C)

Cambrian period

العصر الكمبرى ، عصر جيولوجي هو الدور الأول من حقب الحياة القديمة أو الباليوزى . وكمبريا هو الاسم القديم لمقاطعة ويلز في انجلترا حيث اكتشفت صخوره لأول مره وأهم حفرياته ثلاثيات الفصوص (تريلوبيت) ، وقد انتهى من حوالى ٥٠٠ مليون سنة.

CERN

سيرن ، مخصورة الكلمات الفرنسيه التى تعنى المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية.

Chaos

الشواش ، نظرية عن السلوك غير المتوقع وغير المتكرر الذى ينتج فى منظومة شديدة الحساسية للاختلاف فى الحالات الأولية مثل تدفق سائل مضطرب أو عدم انتظام فى ضربات القلب .

Chromosomes

كروموسومات - صبغيات ، خيوط فى نواة الخلية تنتظم عليها الجينات أو المورثات كانتظام حبات العقد.

Biosphere

محيط حيوى ، جزء العالم الذى يمكن وجود حياة فيه ، الكائنات الحية ومحيطها.

Black hole

ثقب اسود ، احدى نهايات النجوم عندما تحتضر لنفاذ الوقود فى فرنها النووى ، فتتغلب قوى الجاذبية على قوى تمدد النجم ويتقلص على نفسه حسب كتلته الأصلية ، لينضغط فى نقطة ذات جاذبية شديدة تجذب اليها كل شئ ولا يخرج منها شيء ولا حتى الضوء .

Blueprint

طبعة التصميم الزرقاء ، رسم للتصميمات الهندسية على ورق أزرق خاص ، يتم بناء عليه تنفيذ البناء أو الجهاز المرسوم.

Botulinum

بوتيولينوم ، نوع من بكتريا لاهوائية عصوية الشكل وتؤدى إلى تسمم غذائى حاد قد ينتهى بالموت نتيجة سم البوتيولين حيث له تأثير ضار فى الجهاز العصبى.

Breeder reactor

مفاعل مولد ، مفاعل يستخدم فيه وقود من نوع معين فيتولد فيه وقود من نوع آخر ، كأن يتحول فيه يورانيوم ٢٣٨ إلى بلوتونيوم.

ملف فى كمبيوتر أو قاعدة بيانات بعيدة عبر خط اتصال إلى جهاز المستخدم.

(E)

Ebola

ايبولا ، فيروس اكتشف فى أفريقيا يسبب حمى يصحبها نزيف ولها معدلات وفاة عالية .

Ecology

ايكولوجيا ، فرع علم الأحياء الذى يدرس العلاقات بين الكائنات الحية وبيئتها .

Entrepreneurs

متعهدو المشروعات - مقاولو أعمال .

Eukaryotic cell

خلية لها نواة حقيقية .

(F)

Fauna

الحياة الحيوانية فى منطقة أو زمن معين.

Foot and Nouth disease

مرض القدم والفم أو الحمى القلاعية ، مرض فيروسى حاد يصيب الماشية ويحدث قروحا فى أفواهها وأظلافها .

Fossil fuel

وقود أحفورى ، كالفحم والبترول والغاز الطبيعى

Fractals (computer)

متشكلات (كمبيوتر) ، كيان هندسى غير منتظم ظاهريا ويتولد بالتكرار حسب معادلة رياضية ، ويؤدى دائما إلى تقسيمات فرعية لشكل هندسى أساسى، وللمتشكلات استخدامات كثيرة فى رسوم الكمبيوتر .

Comet

مذنب ، جرم سماوى له رأس لامع وذيل من غاز وتراب .

Conservatism

الحفاظ على البيئة .

Continetal drift

الانجراف القارى .

Convergence (evolutionary)

التقاء (تطورى) ، تجمع ، خطوط لتطور الكائنات الحية تبدأ فى مواضع مختلفة وتلتقى عند نقطة معينة من التطور كالتقاء تطور الحيوانات الجرابية والثديية .

Cyberspace

فضاء معلوماتى .

Cybertechnology

التكنولوجيا السيبرية ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات .

(D)

DNA

دنا مخصورة الحامض النووى دى أوكسى ريبو

نيوكلييك ، وهو المكون الرئيسى للجينات أو المورثات .

DNA (recombinant)

دنا (المولّف أو المهجن) ، أنظر Recobimant

Dogmatic

دوجماتية أو دوجما طيقى ، نسبة للدوجما أو العقيدة التى لا تقبل الشك عند اتباعها.

Download

نقل ترحيلى للمعلومات أو تحميل ترحيلى، بمعنى ترحيل نسخة برنامج أو

(G)

Gaya

جايا فى الأساطير الاغريقية آلهة الأرض، تستخدم الكلمة حاليا كمفهوم بأن الأرض كائن حى فى المنظومة الشمسية.

Genome

الجينوم ، مجموع العناصر الوراثية فى نواة الخلية ، أى المجموعة الكاملة من الكروموسومات هى والجينات أو المورثات المصاحبة لها .

Giga ycars

بلايين السنين .

Glacier

مثلجة ، تجمع جليدى عظيم غير ثابت قد يتحرك

فى مجار تشبه الأنهار .

Global Postioning System (GPS)

منظومة تحديد الموقع كوكبيا (باستخدام الأقمار الصناعية) .

Global warming

الاحترار الكوكبى .

Greenhouse effect

ظاهرة بيت النباتات الزجاجى (الصوبة أو الدفيئة).

Grey goo

اللزجات الرمادية ، نباتات خيالية فى رواية خيال علمى ، تتفوق على النباتات الحقيقية وتحتشد متجمعة فى المحيط الحيوى .

(H)

Habitat

موطن بيئى ، مثوى بيئى .

Holistis science

علوم كلية .

Hominoids

أشباه البشر ، أعضاء عائلة فوقية تشمل الانسان والقردة العليا وأسلافهما .

(I)

Interdisciplinary

فروع المعرفة البينية أو فروع المعرفة المتداخلة.

Ironic science

علم هزأة .

Irreversible

لا عكوسى ، لايمكن عكسه .

(M)

Marsupials

حيوانات جرابية تحمل وليدها فى جراب أو كيس كالكنجرو .

Meteorite

نيزك ، شهاب يصل إلى سطح الأرض ، والنيزك إن كان كبيرا يحدث حفرة ضخمة، وإذا كان صغيرا يسقط كالحجارة.

Minaturisation

التصغير المنمنم ، مثل تصغير الروبوتات لإدخالها فى جسم الانسان لفحصه .

(N)

Nanotechnology

النانوتكنولوجيا ، أنتاج وقياس أشياء لها مقاييس صغيرة جدا ، وكلمة نانو تعنى جزء واحد من بليون .

Neandarthals

انسان نياندرتال من العصر الحجرى القديم، وجدت بقاياه فى أول مرة بوادى نياندرتال بألمانيا.

Niches (enviromental)

بيئات ملائمة .

Neutron star

نجم نيوترونى ، إحدى النهايات عند احتضار النجوم لنفاد وقود فرنها النووى، فتتغلب قوى الجاذبية على التمدد ، ويتقلص النجم إلى حجم أصغر حسب كتلته الأصلية ، والنجم النيوترونى مع صغر حجمه له كثافة عالية ، ويسمى نيوترونى لاندماج بروتوناته والكتروناته فى نيوترونات .

Nuclear Fusion

اندماج نووى يتولد عنه طاقة كما فى القنبلة الهيدروجينية .

Nuclear winter

شتاء نووى ، ينتج عن انفجار نووى ضخم يولد غمامة تحجب الشمس فتنخفض حرارة الجو.

(P)

Paradigm

نموذج أساسى ، نموذج إرشادى ، يتبع المسار العلمى فى مرحلة معينة نموذجا أساسيا محدداً. عندما يتكرر أن تتنافى النتائج العلمية مع النموذج الأساسى يعنى ذلك ضرورة تعديله أو تغييره .

Permafrost

الجمد السرمدى ، طبقة جليد متجمدة باستمرار على عمق متفاوت تحت سطح الأرض فى المناطق القطبية المتجمدة .

Permian period

العصر البرمى ، المرحلة السادسة والأخيرة من حقب الحياة القديمة الباليوزى ، وانقرضت أثناؤه معظم الكائنات التى عاشت فى العصور السابقة له وقد انقضى منذ حوالى ٢٠٠ مليون سنة.

Post - human

ما بعد البشرية ، ما قد يتطور له البشر فى المستقبل .

Probe (Space)

مجس أو مسبر (فضائى) .

(Q)

Q fever

حمى كيو ، مرض حاد يتميز بالحمى وآلام العضلات ، تسببه جراثيم من نوع ركيتسيا .

Quantum fluctuations

تراوحات الكم .

Quark

كوارك ، جسيم أساسى تتكون منه البروتونات والنيوترونات فى نواة الذرة .

(S)

Salmonella

سالمونيلا ، بكتريا عصوية الشكل ، تسبب أمراضا عديدة مثل التسمم الغذائى أو النزلات المعوية أو حمى التيفود .

Science (holistic)

علوم كلية .

Science (ironic)

علم هزأة .

Sensors

مستشعرات ، عناصر استشعار.

Sesmic

سيزمية ، زلزالية سواء طبيعية أو صناعية بتفجرات .

SETI

سيتى ، مخصورة الكلمات الانجليزية التى تعنى "ذكاء من خارج الأرض" .

Silurian period

العصر السيلورى ، الدور الثالث من حقب الحياة القديمة الباليوزى ، أهم حفرياته العقارب البحرية ، وفى نهايته ظهرت الأسماك ، وقد انتهى منذ حوالى ٤١٠ مليون سنة .

Simulation (computer)

محاكاة بالكمبيوتر .

Singularity

مفردة ، المفردة فى الفيزياء نقطة يصبح انحناء المكان – الزمان (الزمكان) عندها

(R)

Recombinant DNA

دنا المولّف أو المهجن ، تكنيك فى الهندسة الوراثية لإيلاج جزء من دنا أو من جين لأحد الأنواع إلى دنا نوع آخر ، لإضفاء احدى الصفات الوراثية للنوع الأول على النوع الثانى المتلقى . مثل ذلك ادخال جين الانسولين البشرى فى دنا خلية بكتريا لتنتج الهرمون البشرى ، وتصبح مع تكاثرها السريع مصنعا لانتاج الهرمون .

Reductionism

أختزالية ، تفسير البنى أو الظواهر المعقدة بمبادى بسيطة نسبيا .

Reverse engineering

هندسة عكسية ، تفكيك منتج منافس لمعرفة طريقة عمله للوصول مثلا إلى تقليده أو تحسينه.

Ribosome

ريبوسوم ، أحد عضيات الخلية ، وهو جسيم دائرى فى السيتوبلازم له دور مهم فى تكوين البروتينات حسب تعليمات من نواة الخلية .

Ricin

رايسين ، بروتين سام يستخلص من بذور الخروع.

String theory

نظرية الاوتار .

Subatomic particles

جسيمات تحت ذرية ، أصغر من الذرة .

Subnuclear

تحت النواة ، أصغر من النواة .

Sunflares

توهجات شمسية ، ومضات شمسية .

Sunspots

بقع شمسية ، كلف شمسى .

Supernova

سوبر نوفا ، مرحلة فى احتضار النجوم مع استنفاد وقود فرنها النووى ، وتتوهج بقايا النجم بضوء شديد النصوع .

Superstring theory

نظرية الاوتار الفائقة .

(T)

Terraforming

تغطية بالتربة .

Time loop

انشوطة الزمان ، نظرية بالتفاف الزمان بحيث يمكن السفر فيه .

Topography

طوبوغرافيا وصف أو رسم أقاليم الأرض وسمات سطحها كالهضاب والأودية والبحيرات والأنهار والطرق .. الخ

Triassic period

العصر الثلاثى ؛ أول أدوار حقب الحياة الوسطى وفيه أخذت الزواحف فى الانتشار . وقد انتهى منذ ١٩٥ مليون سنة .

لانهائياً. بدأ الكون بمفردة حيث كان شديد الانضغاط والحرارة بما أدى إلى الانفجار الكبير .

Software

مبرمجات ، برمجيات .

Sonoluminescene

الظاهرة الصوت ضوئية، عند تمرير أمواج صوت شديدة خلال سائل فوّار تصير الفقاعات مضغوطة وتبث ومضات ضوء .

Stem cell

خلية جذعية ، خلية الاصل ، خلية غير متخصصة تتحول فتصبح خلية نسيج متخصص كخلية الدم أو القلب مثلا .

Stratosphere

استراتوسفير ، طبقة الجو العليا التى تعلو أولى طبقاته أو التروبوسفير ، وتمتد طبقة الاستراتوسفير من ١١ أو ١٧ كيلومتر إلى نحو ٥٥ كيلومتر فوق سطح البحر .

Strengelet

جسيم استرنجليت ، الجسيم الغرائبى . يقول بعض العلماء أن التركيز الشديد للطاقة فى المعجلات قد ينتج عنه تجمع الكواركات فى جسيمات استرنجليت تحول كل ما ما تلقاه إلى شكل جديد غريب من المادة ، بما يؤدى إلى كارثة كوكبية .

(W)

Wheat rust

مرض صدأ القمح ، فطر يصب القمح ويدمر محصوله .

Worm holes

ثقوب دودية ، الثقب الدودى ممر يوصل بين منطقتين من المكان منفصلتين بمسافة واسعة. من الممكن تصور أنه فى حالة وجود أكوان أخرى أن كوننا يتصل بها بثقوب دودية، وهذا مجرد مفهوم نظرى لم يتم رصده فى الواقع .

(X)

Xenotransplant

نقل عضو من أحد الأنواع لنوع آخر ، كأن ينقل قلب خنزير للانسان .

(Y)

Yuck factor

عامل القرف .

(U)

Una bomba

قاذف القنابل المنفرد ، لقب أطلق على الارهابى الامريكى كازينكسى الذى بث وحده فى ١٩٧٨عدة قنابل فى أماكن مختلفة بالولايات المتحدة.

Unified theory

النظرية الموحدة ، يحلم الفيزيائيون دائما بإيجاد نظرية أو معادلة واحدة تشمل القوى الأربع الرئيسية فى الكون ، أى قوى الجاذبية، والكهرومغناطيسية ، والنووية الضعيفة ، والنووية القوية . لم يتحقق هذا الحلم حتى الآن.

(V)

Vibration

ذبذبات .

Virtual reality (Computer)

الواقع الخائلى (كمبيوتر) .

معجم عربي إنجليزي(*)

(أ)

احترار كوكبى
Global warming

أختزالية
Reductiontionism

أشباه البشر
Hominoids

التقاء (تطورى) تجمع
Convergence (evolutionary)

انجراف قارى
Continental drift

أنثراكس
Anthrax

اندماج نووى
Nuclear fusion

انسان نياندرتال
Neandarthals

انشوطة الزمان
Time loop

الأوتار
Strings

الأوتار الفائقة
Superstrings

إيبولا
Ebola

ايروسول
Aerosol

(ب)

برمجيات ، مبرمجات
Sofware

بلايين السنين
Giga years

بقع شمسية ، كلف شمسى
Sunspots

بوتيولينوم
Botulinum

بيئات ملائمة
Niches (enviromental)

(ت)

تجمع (تطورى) ، التقاء
Convergence (evolutionary)

تحت الذرى
Subatomic

تحت النووى
Subnuclear

تحميل ترحيلى (كمبوتر) ، نقل ترحيلى
Down load (computer)

تراوحات الكم
Quantum fluctuations

تصغير منمنم
Minaturisation

(*) الشرح التفصيلى للمفردات موجود فـى المعجم الإنجليزى العربى .

تغطية بالتربة
Terraforming

تكنولوجيا حيوية
Biotechnology

تكنولوجيا سيبرية
Cybertechnology

توهجات شمسية
Sunflares

(ث)

ثقب أسود
Black hole

(ج)

جايا ، آلهة الأرض
Gaya

جرابيات
Marsupials

جسيم غرائبى
Strengelet

جمد سرمدى
Permafrost

جيجا (بلايين) من السنين
Giga years

(ح)

حفاظ على البيئة
Conservatism

حمى كيو
Q fever

حمى قلاعية – مرض القدم والفم
Foot and mouth disease

الحياة الحيوانية فى منطقة أو زمن معين
Fauna

(خ)

خلية جذعية ، خلية أصلية
Stem cell

خلية ذات نواة حقيقية
Eukaryotic cell

(د)

دنا
DNA

دنا المولف ، دنا المهجن
Recombinant DNA

دوجماتية
Dogmatic

(ذ)

ذبذبات
Vibrations

(ر)

رايسين
Ricin

ريبوسوم
Ribosome

(س)

سالمونيلا
Salmonella

ستراتوسفير
Stratosphere

سترينجليت
Strengelet

سيتى
SETI

سيرن
CERN

سيزمية ، زلزالية
Sesmic

سوبرنوفا
Supernova

(ش)

شتاء نووى
Nuclear winter

شفرة الخطوط الرأسية
Bar code

شواش
Chaos

(ص)

صخر الأديم
Bed rock

صدأ القمح
Wheat rust

(ط)

طبعة التصميم الزرقاء
Blueprint

طوبوغرافيا
Topography

(ظ)

ظاهرة بيت النباتات الزجاجى (الصوبة)
Greenhous effect

ظاهرة صوتضوئية
Sonoluminescene

(ع)

عامل القرف
Yuck foctor

عرض النطاق
Bandwidth

عصر برمى
Permian period

عصر ثلاثى
Triassic period

عصر سيلورى
Silurian

عصر كمبرى
Cambrian period

علوم كلية
Holistic science

علوم هزأه
Ironic science

عناصر استشعار
Sensors

(ف)

فروع المعرفة البينية ، المتداخلة
Interdisciplinary

فضاء معلوماتى
Cyber space

(ق)

قاذف القنابل المنفرد
Una bomba

(ك)

كروموسومات ، صبغيات
Chromosomes

كوارك
Quark

كويكب
Asteroid

(ل)

لا أدرية
Agnosticism

لا عكوسى
Irreversible

لزجات رمادية
Grey goo

(م)

ما بعد البشرية
Post-human

مبدأ انسانى
Anthropic principle

متشكلات (كمبيوتر)
Fractals (computer)

متعهدو المشروعات ، مقاولو الأعمال
Entrepreneurs

مثلجة
Glacier

مجس ، مسبر
Probe

محاكيات (كمبيوتر)
Simulations (computer)

محيط حيوى
Biosphere

مذنب
Comet

مرض صدأ القمح
Wheat rust

مرض الفم والقدم ، الحمى القلاعية
Foot and mouth disease

مستشعرات ، عناصر استشعار
Sensors

مفاعل مولد
Breeder reacton

مفردة
Singularity

منظومة تحديد الموقع كوكبيا
Global positioning system

موطن بيئى ، مثوى بيئى
Habitat

(ن)

نانو تكنولوجيا
Nanotechnology

نظرية الأوتار
String theory

نظرية الأوتار الفائقة
Superstring theory

نظرية موحدة
Unified theory

نقل عضو من أحد الأنواع لنوع آخر
Xenotransplant

نقل ترحيلى ، تحميل ترحيلى (كمبيوتر)
Down load (computer)

نموذج أساسى
Paradigm

نيزك
Meteorite

(هـ)

هندسة عكسية
Reverse engineering

(و)

واقع خائلى (كمبيوتر)
Virtual reality (computer)

وقود أحفورى
Fossil fuel

من إصدارات الدار

اسم الكتاب	المؤلف / المترجم
الداروينية الجديدة	ترجمة/د. مصطفى إبراهيم فهمى
استنساخ الإنسان	ترجمة/د. مصطفى إبراهيم فهمى
الحياة الخفية للغبار	ترجمة/د. مصطفى إبراهيم فهمى
بنية الثورات العلمية	ترجمة / شوقى جلال
تشكيل العقل الحديث	ترجمة / شوقى جلال
العلم ثقافة المستقبل	تأليف / د. أحمد شوقى
الجينوم البشرى	ترجمة / د. أحمد مستجير
هندسة المستقبل	تأليف / د. أحمد شوقى
علم وحلم	تأليف / د. أحمد شوقى
حكايات عالم عجوز	تأليف / د. سمير حنا صادق
أسلحة الدمار الشامل	تأليف / د. محمد زكى عويس
سبع بنات لحواء	ترجمة/د. مصطفى إبراهيم فهمى
الختان والعنف ضد المرأة	تأليف / د. خالد منتصر
تحديات عصر المعلومات	تأليف / د. نبيل على
إلاّ العلم يا مولاى	تأليف / د. أحمد شوقى
نشأة العلم فى مكتبة الإسكندرية	تأليف / د. سمير حنا صادق
نبش الماضى	ترجمة / د. أحمد مستجير
تعلم العلم فى القرن الحادى والعشرين	ترجمة/د. مصطفى إبراهيم فهمى
إدارة المعرفة والإبداع المجتمعى	تأليف / د. محمد رؤوف حامد
وهم الإعجاز العلمى	تأليف / د. خالد منتصر
الجديد عن مرض الإيدز	تأليف / د. رفعت شلبى
موسم الهجرة إلى الشمال	تأليف / الطيب صالح

السعادة الحقيقية فى علم النفس الإيجابى	ترجمة/أ.د. صفاء الأعسر وآخرون
العقل المحيط	ترجمة / ثائر ديب
مدخل رياضى إلى عروض الشعر العربى	تأليف / د. أحمد مستجير
طفولات مؤجلة	تأليف / ممدوح عدوان
المجتمع المدنى وثقافة الإصلاح	تأليف / شوقى جلال
التنوير الزائف	تأليف / جلال أمين
لغة العرب وآثارها فى تكييف العقلية العربية	أ. حسين أحمد أمين
المنظمات الأهلية الصغيرة العاملة فى مجال المرأة	أ. سهام عبد السلام
نجمة ماركيز	أ. عبد الإله عبد القادر
الأعمال الكاملة ليحيى الطاهر عبد الله	أ. يحيى الطاهر عبد الله
الرقابة المركزية الأمريكية على الإنترنت	د. مصطفى عبد الغنى
قضايا عصرية رؤية معلوماتية	تأليف د. نبيل على
كيف يفكر الحاسب (دليل القارئ الذكى لأسرار الذكاء الاصطناعى)	تأليف د. السيد نصر الدين السيد
مداد الحوار	تأليف أ. إبراهيم فرغلى
تأكيد الذات طريقك لحياة أفضل	تأليف د. مريم عيسى
طريق نجيب محفوظ بين الأسطورة والتصوف	تأيف د. هالة فؤاد
التنوير الغائب (مطالعات فى جبر التنوير)	تأليف د. السيد نصر
التحليل الاجتماعى للأدب	السيد يس
سفر الطفولة	أ. جمال مقار

ساعتنا الأخيرة

(إنذار من عالِم)

يستكشف هذا الكتاب الإمكانات التى يتيحها تقدم العلم والتكنولوجيا وما يصحبهما من مزايا ومخاطر. وذلك بأسلوب سلس موجه لغير المتخصصين. العلم لم يصل بعد إلى نهايته كما يزعم البعض وما زال أمامه الكثير من الأبحاث بشأن الكون ومصيره وبنى الحياة المعقدة، والمخ، وغير ذلك. وستظهر اكتشافات جديدة وتطبيقات مفيدة، ولكنها أيضًا تثير مخاطر ومشاكل أخلاقية من نوع جديد. ينبغى أن نوازن بين مزايا وفوائد علوم الوراثة والمعلومات والروبوتيات والنانوتكنولوجيا وبين مخاطر هذا كله. الكون أكثر تنوعًا واتساعًا من أى مما نتصوره، وفى أيدينا نحن فى هذا القرن الخيار لأن نجعل هذا الاتساع الهائل مليئًا بالحياة الراقية، أو مجرد خواء تملؤه مادة متدنية.

تصميم الغلاف: أحمد اللباد

Bibliotheca Alexandrina
0626652

دار العين للنشر
Ain for publishing